



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

рег. No 20/14-496(4)

21 сентября 1999 г.

**СПРАВКА**

Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98103710, поданной в феврале месяце 24 дня 1998 года.

**Название изобретения:** Поляризатор.

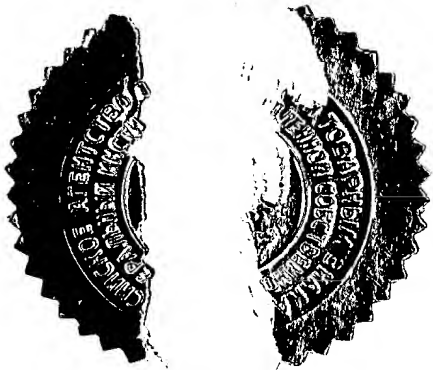
**Заявитель (и):** Мирошин Александр Александрович.

**Действительный автор(ы):** Беляев Сергей Васильевич  
Малимоненко Николай Владимирович  
Мирошин Александр Александрович  
Хан Ир Гвон.

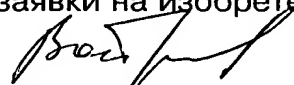
**RECEIVED**

MAY 31 2002

TC 1700



Уполномоченный заверить копию  
заявки на изобретение

  
Г.Ф.Востриков  
Заведующий отделом

## Поляризатор

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, которые могут быть использованы в жидкокристаллических дисплеях, в том числе проекционного типа, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении.

Используемые в настоящее время поляризаторы дихроичного типа представляют собой ориентированную одноосным растяжением полимерную пленку, окрашенную в массу дихроичными органическими красителями или соединениями иода [1]. При прохождении неполяризованного света через поляризатор дихроичного типа [1] одна линейно-поляризованная компонента, плоскость колебаний которой параллельна оси поглощения, практически полностью поглощается и не используется, соответственно, в дальнейшем. Другая ортогональная линейно-поляризованная компонента, т.е. та, в которой плоскость колебаний перпендикулярна оси поглощения, проходит через поляризатор, испытывая значительно меньшее поглощение. Таким образом, осуществляется поляризация проходящего света.

Недостатком указанного пленочного поляризатора дихроичного типа является то, что в нем используется не более 50% энергии падающего света.

Известны также оптические поляризаторы, "работающие" за счет других, чем дихроизм, физических явлений, например, за счет различного коэффициента отражения света, имеющего различные поляризации. Поляризаторы такого типа называются отражательными, в них используются явления линейной поляризации света как при падении и отражении световых пучков от поверхности любых диэлектрических материалов под наклонными углами, близкими к углу Брюстера, так и при нормальном (перпендикулярном к поверхности) падении и отражении света от поверхности двулучепреломляющих материалов. Улучшение поляризующих свойств достигается при использовании многослойных конструкций отражательных поляризаторов. Отражательными поляризаторами можно называть также слои холестерических жидких кристаллов. при падении неполяризованного света на которые одна циркулярно поляризованная компонента света (например, правая) проходит через слой ХЖК, а другая (левая) отражается от слоя ХЖК, оставаясь левой циркулярно поляризованной.

Известен поляризатор отражательного типа [2], включающий по крайней мере один двулучепреломляющий слой, например, ориентированную одноосным растяжением полимерную пленку. Преимущественным является вариант выполнения этого поляризатора, в котором двулучепреломляющие слои чередуются с оптически изотропными слоями. При падении неполяризованного света на такой поляризатор отражательного типа одна линейно поляризованная компонента света существенно отражается, а другая проходит через поляризатор. Таким образом, осуществляется поляризация проходящего либо отраженного света.

Недостатком известного поляризатора отражательного типа [2] является то, что в нем также используется не более 50% энергии падающего света.

Аналогом заявляемого поляризатора может служить также источник циркулярно-поляризованного излучения и проекционная система [3]. Этот источник циркулярно-поляризованного излучения включает по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла (ХЖК), зеркало и источник неполяризованного излучения, расположенный между зеркалом и слоем ХЖК. Указанный слой холестерического жидкого кристалла является поляризатором отражательного типа, т.е. средством для разделения падающих на него неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, имеющие различные поляризации. При падении неполяризованного света на слой ХЖК одна циркулярно поляризованная компонента света (например, правая) проходит через слой ХЖК, а другая (левая) отражается от слоя ХЖК, оставаясь левой циркулярно поляризованной. При падении на зеркало левая циркулярно поляризованная компонента отражается, становится правой и также проходит через слой ХЖК. В этом источнике в поляризованное излучение превращается практически вся энергия источника неполяризованного излучения.

Недостатком этого источника является то, что его конструкция объемная, а не плоская, в виде пленки или пластины.

Наиболее близким по технической сущности является известный поляризатор [4], включающий средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков, поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, имеющие различные поляризации, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно ~~одному~~ и тому же направлению. В известном поляризаторе [4], средство для разделения

неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, имеющие различные поляризации, включает пару диэлектрических поверхностей, расположенных под существенно наклонными углами к оси световых пучков (под углами, близкими к углу Брюстера), а средство для изменения поляризации включает полуволновую пластинку, помещенную между названными поверхностями. В известном поляризаторе [4] отражающее средство включает пару диэлектрических поверхностей, расположенных под существенно наклонными углами к оси световых пучков (под углами, бо́льшими угла полного внутреннего отражения). Известный поляризатор имеет высокий энергетический коэффициент преобразования неполяризованного света в поляризованный, т.е. в выходящий поляризованный свет превращается практически вся энергия неполяризованного света, и сравнительно плоскую конструкцию.

Недостатком известного поляризатора [4] является невысокая степень поляризации выходящего света, а также сравнительная сложность его изготовления.

Задачей изобретения является повышение степени поляризации выходящего из поляризатора света при сохранении высокого энергетического коэффициента преобразования неполяризованного света в поляризованный, а также упрощение конструкции поляризатора.

Поставленная задача решается в поляризаторе, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, названное поляризующее средство включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению, выполнены совмещенными и содержат секционированное металлическое зеркало, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков.

Существенными признаками изобретения являются: средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков, поляризующее средство для разделения названных неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, имеющие различные поляризации, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению.

Отличительным признаком изобретения является то, что поляризатор выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, указанные средства нанесены на ее поверхности, названное поляризующее средство включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению. выполнены совмещенными и содержат секционированное металлическое зеркало. поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков.

Предпочтительным является поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой, содержит по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

Более предпочтительным является поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла изготовлен из полимерного холестерического жидкого кристалла.

Еще более предпочтительным является поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла имеет по толщине градиент шага холестерической спирали и, в результате, спектральную ширину полосы селективного отражения света не менее 100 нанометров.

Предпочтительным также является поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, выполненное в виде по крайней мере одного двулучепреломляющего слоя, включает по крайней мере три слоя холестерических жидких кристаллов, имеющих полосы селективного отражения света в трех различных спектральных диапазонах.

Предпочтителен поляризатор, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей, а перед секционированным металлическим зеркалом расположена четвертьволновая пластинка.

Предпочтительным также является поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропным поглощающим и ~~и~~

имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Вариантом изобретения служит поляризатор, отличающийся тем, что средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков выполнено в виде системы микролинз, фокусирующих выходящие из них световые пучки внутрь поляризатора. В частности система микролинз может быть выполнена в виде положительных цилиндрических микролинз, полностью покрывающих поверхность поляризатора.

Другой вариант предлагаемого поляризатора отличается тем, что средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков выполнено в виде системы микропризм, полностью покрывающих поверхность поляризатора.

Здесь и далее под понятием свет и “оптический” (поляризатор) имеется в виду электромагнитное излучение видимого, ближнего ультрафиолетового и ближнего инфракрасного диапазонов длин волн, т.е. диапазона от 250-300 нанометров до 1.000-2.000 нанометров (от 0,25-0,3 до 1-2 микрометров).

Здесь и далее говорится про плоский поляризатор исключительно для простоты понимания. Без потери общности мы имеем в виду также поляризатор, имеющий различную форму: цилиндрическую, сферическую и других более сложных форм. Кроме того, предлагаемый поляризатор может быть выполнен как конструктивно единым и изолированным, так и нанесенным на различные подложки или между подложками.

Одним из существенных элементов предлагаемого поляризатора является поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки. Такое средство другими словами называют отражательным поляризатором или трансфлекторным поляризатором. Отличительным признаком предлагаемого поляризатора является то, что поляризующее средство включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков. В зависимости от вида используемого двулучепреломляющего слоя разделение неполяризованных световых пучков может осуществляться либо на линейно поляризованные проходящий и отраженный с ортогональными поляризациями, либо на циркулярно поляризованные проходящий и отраженный с противоположными знаками вращения поляризации.

Двулучепреломляющими называют слои, имеющие по крайней мере два различных показателя преломления: необыкновенный  $n_e$  для одной линейно-поляризованной компоненты света и обыкновенный  $n_o$  для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света. В простейшем случае оптические оси, которым соответствуют необыкновенный и обыкновенный показатели преломления ортогональны и расположены в плоскости слоя. Оптическая ось, которой соответствует необыкновенный показатель преломления  $n_e$ , выделена тем или иным способом. Например, этой осью может быть направление вытяжки слоя полимерного материала или директор в ориентированном нематическом жидком кристалле. Такой двулучепреломляющий слой в смысле кристаллооптики соответствует оптически одноосной пластинке, вырезанной параллельно главной оси. Здесь и далее рассматриваются для примера оптически положительные двулучепреломляющие слои, в которых  $n_e > n_o$ . Без потери общности все выводы относятся также к оптически отрицательным двулучепреломляющим слоям, в которых  $n_e < n_o$ . В более общем случае, например для оптически двуосных слоев, существуют три различных показателя преломления  $n_x = n_e$ ,  $n_y = n_o$ ,  $n_z$ . Показатель преломления  $n_x$  соответствует направлению колебаний в световой волне, параллельному плоскости слоя и направленному вдоль выделенного тем или иным способом направления  $X$  в плоскости слоя,  $n_y$  - направлению  $Y$  колебаний в световой волне, также параллельному плоскости слоя, но перпендикулярному направлению  $X$ ,  $n_z$  - направлению  $Z$  колебаний в световой волне, перпендикулярному плоскости слоя. В зависимости от способа изготовления двулучепреломляющих слоев и типа используемых материалов соотношение величин показателей преломления  $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$  может быть различным.

Преимущественным вариантом является использование в предлагаемом поляризаторе поляризующего средства, включающего по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой с по крайней мере одним показателем преломления, возрастающим при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Наиболее предпочтительно использовать анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои с по крайней мере одним показателем преломления, прямо пропорциональным длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Двулучепреломляющий слой может иметь постоянные по толщине слоя направления оптических осей, или направления оптических осей могут меняться по *среднему закону*.

Характерными примерами двулучепреломляющих слоев с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей являются ориентированные одноосным или двухосным растяжением полимерные пленки, жидкие или отвержденные ориентированные слои нематических жидких кристаллов и ориентированные молекулярно упорядоченные слои дихроичных красителей, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы.

Примером двулучепреломляющих слоев с направлениями оптических осей, меняющимися по толщине слоя по определенному закону являются слои холестерических жидких кристаллов. В таких слоях оптическая ось, соответствующая длинным осям палочкообразных молекул и, соответственно, большему показателю преломления, вращается при мысленном движении по толщине, оставаясь параллельной плоскости слоя. Расстояние по толщине, на котором оптическая ось делает полный оборот в  $360^\circ$  называют шагом холестерической спирали. Направление вращения оптической оси может быть как по часовой стрелке, и такая спираль называется правой, так и против часовой стрелки, и такая спираль называется левой. Такая структура (текстура) двулучепреломляющего слоя холестерических жидких кристаллов называется планарной, или текстурой Гранжана. Основными оптическими свойствами двулучепреломляющего слоя холестерических жидких кристаллов с планарной текстуры являются:

1. При падении света на слой существует область селективного отражения света, спектральное положение которой пропорционально шагу холестерической спирали.
2. Спектральная ширина области селективного отражения света пропорциональна анизотропии показателя преломления (т.е. разнице между необыкновенным и обыкновенным показателями преломления).
3. В пределах области селективного отражения света одна циркулярно-поляризованная компонента неполяризованного света, направление вращения которой совпадает с направлением вращения холестерической спирали, полностью отражается, другая циркулярно-поляризованная компонента неполяризованного света, направление вращения которой противоположно направлению вращения холестерической спирали, полностью проходит через слой.

Таким образом слой холестерических жидких кристаллов с планарной текстуры является циркулярным поляризатором отражательного типа как для проходящего, так и для отраженного света. Такой слой может служить или быть включенным в состав поляризующего средства для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованный проходящий и отраженный световые пучки, имеющие разную



поляризации. При необходимости для превращения циркулярных поляризаций в линейные может быть использована известная четвертьволновая пластинка.

Для изготовления двулучепреломляющего слоя с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей могут быть использованы:

1. Ориентированные одноосным или двухосным растяжением полимерные пленки, прозрачные (не поглощающие свет) в диапазоне рабочих длин волн.
2. Слои низкомолекулярных термотропных жидкокристаллических веществ или их смесей, в том числе представляющих собой дихроичные красители или содержащих в качестве компоненты жидкокристаллические и/или нежидкокристаллические дихроичные красители.
3. Слои полимерных термотропных жидкокристаллических и/или нежидкокристаллических веществ или их смесей, содержащих растворенные в массе и/или химически связанные с полимерной цепью дихроичные красители.
4. Ориентированные пленки нежидкокристаллических полимерных материалов с регулируемой степенью гидрофильности, окрашенных дихроичными красителями и/или соединениями иода.
5. Слои дихроичных органических красителей полимерного строения.
6. Ориентированные молекулярно упорядоченные слои органических солей дихроичных анионных красителей.
7. Ориентированные молекулярно упорядоченные слои дихроичных красителей, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы, например толщиной менее 0.1 мкм, в том числе полимерного строения.
8. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из ассоциатов дихроичных красителей, содержащих ионногенные группы, по крайней мере с одним молеом органического иона.
9. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из ~~асимметричных~~ <sup>симметричных</sup> солей дихроичных анионных красителей, ~~содержащих различные катионы~~.
10. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из ассоциатов дихроичных красителей, содержащих ионногенные группы, по крайней мере с одним молеом поверхностно-активных ионов.

При этом дихроичные красители могут быть из класса азокрасителей, антрахиноновых, полициклических, гетероциклических, триарилметановых и т.п., которые в свою очередь относятся к анионным (прямым, активным и кислотным) и катионным.

Перечисленными вариантами не ограничиваются возможности использования других материалов для формирования двулучепреломляющих слоев для предлагаемого оптического поляризатора.

Двулучепреломляющий слой в предлагаемом оптическом поляризаторе может быть как твердым, так и жидким.

Использование по крайней мере одного анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя хотя и вызывает небольшие потери света в оптическом поляризаторе, однако эти потери малы, особенно в слоях толщиной менее 0,1 мкм. и достигаемый технический результат - повышение степени поляризации выходящего из поляризатора света при сохранении высокого энергетического коэффициента преобразования неполяризованного света в поляризованный - компенсирует эти потери.

Выбор методов изготовления поляризатора по изобретению зависит от вида материалов, используемых для двулучепреломляющих слоев, и не влияет на суть изобретения.

Для формирования на поверхности предлагаемого поляризатора поляризующего покрытия, включающего по крайней мере один двулучепреломляющий слой, могут быть применены следующие стандартные способы: ламинирование предварительно ориентированных вытяжкой полимерных пленок, нанесение используемых материалов в жидкой форме валиком, ракельным ножом, ракелем в форме невращающегося цилиндра, нанесение с помощью щелевой фильеры и другие. В ряде случаев после нанесения слой подвергается сушке с целью удаления растворителей. В других случаях, например для термопластичных полимерных материалов и стеклющихся материалов, нанесенный слой охлаждается после нанесения.

Другими методами, которые можно использовать для получения двулучепреломляющих слоев из материалов, образующих в процессе нанесения жидкокристаллической фазу, является нанесение этого материала на подложку, изначально подготовленную для ориентации жидкокристаллической фазы [5]. Одним из таких методов служит однонаправленное натирание подложки или предварительно нанесенного на нее тонкого полимерного слоя, известное и применяемое для ориентации термотропных низкомолекулярных жидкокристаллических смесей при изготовлении ЖК-дисплеев.

Еще один метод получения двулучепреломляющих слоев - это известный метод фотоориентации предварительно нанесенного тем или иным способом слоя с помощью облучения его линейно-поляризованным ультрафиолетовым светом.

Для нанесения двулучепреломляющих слоев из термотропных полимерных материалов могут быть применены экструдеры, в том числе имеющие несколько плоских фильер и позволяющие наносить за один проход сразу несколько слоев разных полимерных материалов требуемой толщины.

Для изготовления слоя холестерических жидких кристаллов с планарной текстуры могут использоваться эфиры холестерина, нематические жидкие кристаллы с введенной в них добавкой оптически активных соединений, так называемые хиральные нематики, в которых оптически активный центр химически соединен с молекулами нематического жидкого кристалла, полимерные холестерические жидкие кристаллы, лиотропные холестерические жидкие кристаллы, например, полипептидов и эфиров целлюлозы.

Изготовленные слои могут быть жидкими и твердыми. Отверждение слоев может происходить при понижении температуры, испарении растворителя, полимеризации, в том числе при фотоиндуцированной полимеризации.

В качестве средства для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков могут быть использованы система микролинз, как объемных так и плоских линз Френеля, а также другие средства для фокусировки световых лучей, система микропризм, объемных, например треугольной формы, или плоских, например с распределенным по толщине и по поверхности показателем преломления, а также другие средства для отклонения световых лучей.

Для изготовления системы микролинз и микропризм могут быть использованы методы прессования, литья, например, заливка предварительно выдавленных углублений нужной формы в полимерной пленке полимерным материалом с бо́льшим показателем преломления, методы фотоиндуцированной полимеризации и другие методы.

Для нанесения секционированного металлического зеркала могут быть применены следующие стандартные способы: термическое испарение в вакууме, нанесение в парах с последующей термической обработкой, магнетронное распыление и другие. Для нанесения зеркала могут использоваться алюминий (Al), серебро (Ag) и другие металлы.

Варианты выполнения поляризатора по изобретению иллюстрируется на фиг. 1-9.

На фиг. 1 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора, отличающегося тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесены система микролинз и секционированное металлическое зеркало, а на второй - поляризующее средство, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. На фиг. 2 схематично показан общий вид

предлагаемого поляризатора по фиг. 1. На фиг. 3 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора, отличающегося тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесены система микролинз, секционированное металлическое зеркало и четвертьволновая пластинка, а на второй - поляризующее средство, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей. На фиг. 4 и 5 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора, отличающегося тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесены секционированное металлическое зеркало, а на второй - поляризующее средство и система микролинз. На фиг. 6 и 7 схематично показано поперечное сечение вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде двух ламинированных пленок или пластин, на внешних поверхностях которых нанесены поляризующее средство и две системы микролинз, на внутренних поверхностях - секционированное металлическое зеркало 3. На фиг. 8 и 9 схематично показано поперечное сечение вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде двух ламинированных пленок или пластин, на внешних поверхностях которых нанесены поляризующее средство и система микропризм, на внутренних поверхностях - секционированное металлическое зеркало 3.

На фиг. 1 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по варианту 1, выполненного в виде одной пленки или пластины 1, на первой поверхности которой нанесены последовательно система микролинз 2 и секционированное металлическое зеркало 3, оптически совмещенное с указанной системой микролинз, а на второй поверхности пленки или пластины нанесено средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.1 ход лучей показан упрощенно, без учета преломления на границах различных слоев и только для одной микролинзы). Неполяризованный свет 5 падает на первую поверхность поляризатора и фокусируется микролинзами внутри поляризатора, образуя световые пучки 6. Секционированное металлическое зеркало 3 практически не экранирует неполяризованный свет 5, т. к. поперечные размеры его светоотражающих элементов выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры светоотражающих элементов составляют 10 микрометров, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрометров) ~~без отражения~~

Сфокусированные микролинзами 2 световые пучки 6 попадают на средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. При этом приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с правой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации проходящих световых пучков противоположно знаку спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с левой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации отраженных световых пучков совпадает со знаком спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Отраженные световые пучки 8 с левой циркулярной поляризацией фокусируются в точку на светоотражающих элементах металлического зеркала 3 (для этого фокусное расстояние или, другими словами, оптическая сила микролинз 2 выбирается соответствующим образом). Отраженные от металлического зеркала 3 световые пучки 9 имеют правую циркулярную поляризацию, т.е. противоположную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами металлического зеркала. Световые пучки 9, имеющие правую циркулярную поляризацию, проходят через слой холестерического жидкого кристалла без изменения. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией высокой степени.

Для расширения диапазона рабочих длин волн поляризатора средство для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, выполненное в виде по крайней мере одного двулучепреломляющего слоя, включает по крайней мере три слоя холестерических жидких кристаллов, имеющих полосы селективного отражения света в трех различных спектральных диапазонах.

В этом же или другом варианте поляризатора с расширенным диапазоном рабочих длин волн по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла имеет по толщине градиент шага холестерической спирали и, в результате, спектральную ширину полосы селективного отражения света не менее 100 нанометров.

Предпочтителен поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла изготовлен из полимерного холестерического жидкого кристалла.

Для превращения без потерь энергии выходящего из поляризатора циркулярно поляризованного света в линейно поляризованный на выходе поляризатора может быть дополнительно установлена четвертьволновая пластинка.

На фиг. 2 схематично показан общий вид предлагаемого поляризатора, поперечное сечение которого показано на фиг. 1. Поляризатор выполнен в виде одной пленки или пластины 1, на первой поверхности которой нанесены последовательно система микролинз 2 и секционированное металлическое зеркало 3, оптически совмещенное с указанной системой микролинз, а на второй поверхности пленки нанесено средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. В результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией.

На фиг. 3 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по другому варианту, выполненного в виде одной пленки или пластины 1, на первой поверхности которой нанесены система микролинз 2 и секционированное металлическое зеркало 3, оптически совмещенное с указанной системой микролинз. Перед секционированным металлическим зеркалом 3 помещена четвертьволновая пластинка 10, секционированная, т.е. покрывающая по крайней мере всю поверхность секционированного металлического зеркала 3, как показано на фиг.3, либо несекционированная, т.е. полностью покрывающая первую поверхность поляризатора. На второй поверхности пленки 1 нанесено средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.3 ход лучей показан упрощенно, без учета преломления на границах различных слоев и только для одной микролинзы). Неполяризованный свет 5 падает на первую поверхность поляризатора и фокусируется микролинзами внутри поляризатора, образуя световые пучки 6. Секционированное металлическое зеркало 3 *превращает неполяризованный свет, т.к. поперечный размер его*

светоотражающих элементов выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры светоотражающих элементов составляют 10 микрон, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрон). Сфокусированные микролинзами 2 световые пучки 6 попадают на средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей. При этом приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с линейной поляризацией, перпендикулярной плоскости рисунка. Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с линейной поляризацией, параллельной плоскости рисунка. Отраженные световые пучки 8 с линейной поляризацией, параллельной плоскости рисунка, проходят четвертьволновую пластинку 10 и фокусируются в точку на светоотражающих элементах металлического зеркала 3 (для этого фокусное расстояние или, другими словами, оптическая сила микролинз 2 выбирается соответствующим образом). Отраженные от металлического зеркала 3 и прошедшие вновь через четвертьволновую пластинку 10 световые пучки 9 имеют линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, т.е. ортогональную линейной поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами комбинации четвертьволновой пластинки и металлического зеркала. Световые пучки 9, имеющие линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, проходят через двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей без изменения. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией (в данном примере перпендикулярной плоскости рисунка) высокой степени.

На фиг. 4 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по следующему варианту, выполненного в виде одной пленки или пластины 1. на первой поверхности которой нанесено секционированное металлическое зеркало 3, а на второй поверхности пленки нанесены последовательно система микролинз 2. оптически совмещенная с секциями металлического зеркала 3, и средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный

световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.4 ход лучей показан упрощенно, без учета преломления на границах различных слоев и только для одной микролинзы). Неполаризованный свет 5 проходит через пленку 1 и систему микролинз 2, которая преобразует за счет фокусировки входящий неполаризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков. Эти пучки попадают на средство 4 для деления неполаризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. Секционированное металлическое зеркало 3 практически не экранирует неполаризованный свет 5, т. к. поперечные размеры его светоотражающих элементов выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры светоотражающих элементов составляют 10 микрометров, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрометров). По-этому, приблизительно половина световой энергии неполаризованных световых пучков, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с правой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации проходящих световых пучков противоположно знаку спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Другая половина световой энергии неполаризованных световых пучков превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с левой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации отраженных световых пучков совпадает со знаком спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Отраженные от поляризующего средства 4 и еще раз прошедшие систему микролинз 2 световые пучки 8 с левой циркулярной поляризацией фокусируются в точку на светоотражающих элементах металлического зеркала 3 (для этого фокусное расстояние или, другими словами, оптическая сила микролинз 2 выбирается соответствующим образом). Отраженные от металлического зеркала 3 световые пучки 9 имеют правую циркулярную поляризацию, т.е. противоположную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами металлического зеркала. Световые пучки 9, имеющие правую циркулярную поляризацию, проходят через слой холестерического жидкого кристалла без изменения. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполаризованного света 5 практически полностью превращается в



энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией высокой степени.

Более предпочтительным является поляризатор по изобретению, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла имеет по толщине градиент шага холестерической спирали и, в результате, спектральную ширину полосы селективного отражения света не менее 100 нанометров.

На фиг. 5 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по варианту, выполненного в виде одной пленки или пластины 1, на первой поверхности которой нанесено секционированное металлическое зеркало 3. Перед секционированным металлическим зеркалом 3 нанесена четвертьволновая пластинка 10, секционированная, т.е. покрывающая по крайней мере всю поверхность секционированного металлического зеркала 3, как показано на фиг.5, либо несекционированная, т.е. полностью покрывающая первую поверхность поляризатора. На второй поверхности пленки нанесены последовательно система микролинз 2, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала 3, и средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.5 ход лучей показан упрощенно, без учета преломления на границах различных слоев и только для одной микролинзы). Неполяризованный свет 5 проходит через пленку или пластину 1 и систему микролинз 2, которая преобразует за счет фокусировки входящий неполяризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков. Эти пучки попадают на средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей. Секционированное металлическое зеркало 3 практически не экранирует неполяризованный свет 5, т.к. поперечные размеры его светоотражающих элементов выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры светоотражающих элементов составляют 10 микрометров, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрометров). Поэтому приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с линейной поляризацией, перпендикулярной плоскости рисунка. Другая половина светов. энергии

неполяризованных световых пучков превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с линейной поляризацией, параллельной плоскости рисунка. Отраженные от поляризующего средства 4 и еще раз прошедшие систему микролинз 2 световые пучки 8 проходят через четвертьволновую пластинку 10 и фокусируются в точку на светоотражающих элементах металлического зеркала 3 (для этого фокусное расстояние или, другими словами, оптическая сила микролинз 2 выбирается соответствующим образом). Прошедшие через четвертьволновую пластинку 10, отраженные от металлического зеркала 3 и прошедшие еще раз через четвертьволновую пластинку 10, световые пучки 9 имеют линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, т.е. ортогональную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами комбинации четвертьволновой пластинки и металлического зеркала. Световые пучки 9, имеющие линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, проходят через двутучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей без изменения. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией (в данном примере перпендикулярной плоскости рисунка) высокой степени.

На фиг. 6 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по следующему варианту, выполненного в виде двух, например, ламинированных пленок или пластин 1 и 11, на внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена первая система микролинз 2, на внутренней поверхности первой или второй пленки или пластины нанесено секционированное металлическое зеркало 3, а на внешней поверхности второй пленки или пластины нанесены последовательно вторая система микролинз 2, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала 3 и с первой системой микролинз, и средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.6 ход лучей показан упрощенно, только для одной микролинзы). Неполяризованный свет 5 проходит через первую систему микролинз 2, которая преобразует входящий неполяризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков 6 и фокусирует их на тех местах внутренней поверхности первой пленки или пластины, которые не покрыты секциями металлического зеркала 3. После

прохождения фокуса пучки 6 проходят вторую систему микролинз и попадают на средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. Приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с правой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации проходящих световых пучков противоположно знаку спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков превращается в энергию отраженных световых пучков 8. в данном примере, с левой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации отраженных световых пучков совпадает со знаком спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Отраженные от поляризующего средства 4 и еще раз прошедшие вторую систему микролинз 2 световые пучки 8 с левой циркулярной поляризацией имеют параллельные лучи, т.е. пучки 8 фокусируются в бесконечности (для этого фокусное расстояние или, другими словами, оптическая сила второй системы микролинз 2 выбирается соответствующим образом). После отражения от металлического зеркала 3 световые пучки 8 превращаются в световые пучки 9, которые имеют правую циркулярную поляризацию, т.е. противоположную поляризацию световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами металлического зеркала. Секционированное металлическое зеркало 3 практически полностью отражает пучки 8, т.е. не происходит потерь световой энергии, т. к. поперечные размеры мест, в которых отсутствуют светоотражающие элементы выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры этих мест составляют 10 микрон, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрон). Световые пучки 9, имеющие правую циркулярную поляризацию и параллельные лучи, проходят через вторую систему микролинз и слой холестерического жидкого кристалла без изменения состояния поляризации и интенсивности, но превращаются в сходящиеся пучки за счет прохождения через вторую систему микролинз. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией высокой степени.

На фиг. 7 схематично показано поперечное сечение предлагаемого поляризатора по следующему варианту, выполненного в виде фибры ламинированных пленок.

или пластин 1 и 11. На внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена первая система микролинз 2, на внутренней поверхности, например, первой пленки нанесено секционированное металлическое зеркало 3, на которое нанесена четвертьволновая пластинка, покрывающая с необходимостью все секции металлического зеркала 3 и, возможно, для упрощения технологии нанесения и места, не закрытые секциями зеркала 3. На внешней поверхности второй пленки или пластины нанесены последовательно вторая система микролинз 2, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала 3 и с первой системой микролинз, и средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.7 ход лучей показан упрощенно, только для одной микролинзы). Неполяризованный свет 5 проходит систему микролинз 2, которая преобразует входящий неполяризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков 6 и фокусирует их на тех местах внутренней поверхности первой пленки, которые не покрыты секциями металлического зеркала 3. После прохождения фокуса пучки 6 проходят вторую систему микролинз и попадают на средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей. Приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с линейной поляризацией, перпендикулярной плоскости рисунка. Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с линейной поляризацией, параллельной плоскости рисунка. Прошедшие через четвертьволновую пластинку 10, отраженные от металлического зеркала 3 и прошедшие еще раз через четвертьволновую пластинку 10, световые пучки 9 имеют линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, т.е. ортогональную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами комбинации четвертьволновой пластинки и металлического зеркала. Секционированное металлическое зеркало 3 практически полностью отражает пучки 8, т.е. не происходит потерь световой энергии. Т.к. поперечные размеры мест, в которых существует световосаждение с

элементы выбираются много меньше поперечных размеров микролинз (например, поперечные размеры этих мест составляют 10 микрометров, а поперечные размеры микролинз - 100-200 микрометров). Световые пучки 9, имеющие линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, проходят через двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей без изменения состояния поляризации и интенсивности, но превращаются в сходящиеся пучки за счет прохождения через вторую систему микролинз. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией (в данном примере перпендикулярной плоскости рисунка) высокой степени.

На фиг. 8 схематично показано поперечное сечение предлагаемого варианта поляризатора, выполненного в виде двух, например, ламинированных пленок или пластин 1 и 11. На внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена система микропризм 12, на внутренней поверхности первой или второй пленки или пластины нанесено секционированное металлическое зеркало 3, оптически совмещенное с системой микропризм 12. На внешней поверхности второй пленки или пластины нанесено поляризующее средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.8 ход лучей показан упрощенно). Неполяризованный свет 5 проходит через систему микропризм 12, которая преобразует входящий неполяризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков 6 с параллельными лучами. Пучки 6 отклоняются от перпендикуляра к плоскости пленки левым и правым склоном призм 12 на одинаковые углы вправо и влево, соответственно (в этом варианте показатель преломления материала микропризм выбирается больше показателя преломления материала пленки), и проходят через места в секционированном металлическом зеркале 3, не занятые светоотражающими элементами зеркала 3. Затем неполяризованные пучки 6 попадают на поляризующее средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла. Приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с правой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации проходящих световых пучков

противоположно знаку спирали используемого холестерического жидкого кристалла). Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с левой циркулярной поляризацией (направление циркулярной поляризации отраженных световых пучков совпадает со знаком спирали используемого холестерического жидкого кристалла). После отражения от металлического зеркала 3 световые пучки 8 превращаются в световые пучки 9, которые имеют правую циркулярную поляризацию, т.е. противоположную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами металлического зеркала. Секционированное металлическое зеркало 3 полностью отражает пучки 8, т.е. не происходит потерь световой энергии, т. к. поперечные размеры светоотражающих элементов выбираются равными и немного большее поперечных размеров пучков 8. Световые пучки 9, имеющие правую циркулярную поляризацию, проходят через слой холестерического жидкого кристалла без изменения состояния поляризации и интенсивности. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией высокой степени.

Система микропризм 12, нанесенная на внешней поверхности первой пленки может быть обращена вершинами микропризм наружу пленки. Микропризмы могут иметь также иную форму, чем треугольная.

На фиг. 9 схематично показано поперечное сечение предлагаемого варианта поляризатора, выполненного в виде двух, например, ламинированных пленок или пластин 1 и 11. На внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена система микропризм 12, на внутренней поверхности первой пленки или пластины последовательно нанесены секционированное металлическое зеркало 3, оптически совмещенное с системой микропризм 12, и четвертьволновая пластинка 10, покрывающая с необходимостью все секции металлического зеркала 3 и возможно, для упрощения технологии нанесения и места, не закрытые секциями зеркала 3. На внешней поверхности второй пленки нанесено поляризующее средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для

*ясности понимания на фиг. 9 ход лучей показан упрощенно.*  
Неполяризованный свет 5

проходит через систему микропризм 12, которая преобразует входящий неполяризованный свет 5 во множество одинаковых световых пучков 6 с параллельными лучами. Пучки 6 отклоняются от перпендикуляра к плоскости пленки левым и правым склоном призм 12 на одинаковые углы вправо и влево, соответственно, и проходят через места в секционированном металлическом зеркале 3, не занятые светоотражающими элементами зеркала 3

Затем неполяризованные пучки 6 попадают на поляризующее средство 4 для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей. Приблизительно половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6, пройдя поляризующее средство 4, превращается в энергию проходящих световых пучков 7, например, с линейной поляризацией, перпендикулярной плоскости рисунка. Другая половина световой энергии неполяризованных световых пучков 6 превращается в энергию отраженных световых пучков 8, в данном примере, с линейной поляризацией, параллельной плоскости рисунка. Прошедшие через четвертьволновую пластинку 10, отраженные от металлического зеркала 3 и прошедшие еще раз через четвертьволновую пластинку 10, световые пучки 9 имеют линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, т.е. ортогональную поляризации световых пучков 8, падающих на металлическое зеркало 3. Такое изменение поляризации обусловлено известными оптическими свойствами комбинации четвертьволновой пластинки и металлического зеркала. Секционированное металлическое зеркало 3 полностью отражает пучки 8, т.е. не происходит потерь световой энергии, т. к. поперечные размеры светоотражающих элементов выбираются равными и немного большее поперечных размеров пучков 8. Световые пучки 9, имеющие линейную поляризацию, перпендикулярную плоскости рисунка, проходят через поляризующее средство 4 без изменения состояния поляризации и интенсивности. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией высокой степени.

Описанными примерами не ограничиваются другие возможные варианты конкретного выполнения предлагаемого поляризатора.

### Формула изобретения.

1. Поляризатор, включающий средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков, поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, имеющие различные поляризации, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, названное поляризующее средство включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой. поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению, выполнены совмещенными и содержат секционированное металлическое зеркало, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков.
2. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой, содержит по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.
3. Поляризатор по п.2, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла изготовлен из полимерного холестерического жидкого кристалла.
4. Поляризатор по п.2, отличающийся тем, что по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла имеет по толщине градиент шага



холестерической спирали и, в результате, спектральную ширину полосы селективного отражения света не менее 100 нанометров.

5. Поляризатор по п.2, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой, содержит по крайней мере три слоя холестерических жидких кристаллов, имеющих полосы селективного отражения света в трех различных спектральных диапазонах.
6. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей, а перед секционированным металлическим зеркалом расположена четвертьволновая пластинка.
7. Поляризатор по п.6, отличающийся тем, что по крайней мере один двулучепреломляющий слой является анизотропно поглощающим и имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.
8. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков выполнено в виде системы микролинз, фокусирующих выходящие из них световые пучки внутрь поляризатора.
9. Поляризатор по п.8, отличающийся тем, что система микролинз выполнена в виде положительных цилиндрических микролинз, полностью покрывающих поверхность поляризатора.
10. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков выполнено в виде системы микропризм, полностью покрывающих поверхность поляризатора
11. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесены система микролинз и секционированное металлическое зеркало, оптически совмещенное с названной

системой микролинз, а на второй поверхности пленки или пластины нанесено поляризующее средство для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

12. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесены система микролинз, секционированное металлическое зеркало, оптически совмещенное с названной системой микролинз и четвертьволновая пластинка, а второй поверхности пленки или пластины нанесено поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

13. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесено секционированное металлическое зеркало, а на второй поверхности пленки или пластины нанесены последовательно система микролинз, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала, и поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

14. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде одной пленки или пластины, на первой поверхности которой нанесено секционированное металлическое зеркало и четвертьволновая пластинка, а на второй поверхности пленки или пластины нанесены последовательно система микролинз, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала, и поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

15. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере двух ламинированных пленок или пластин, на внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена первая система микролинз, на внутренней поверхности первой или

второй пленки или пластины нанесено секционированное металлическое зеркало, а на внешней поверхности второй пленки или пластины дополнительно нанесена вторая система микролинз, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала и с первой системой микролинз, и поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, которое включает по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

16. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере двух ламинированных пленок или пластин, на внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена первая система микролинз, на внутренней поверхности первой или второй пленки или пластины нанесены секционированное металлическое зеркало и четвертьволновая пластинка, на внешней поверхности второй пленки или пластины дополнительно нанесена вторая система микролинз, оптически совмещенная с секциями металлического зеркала и с первой системой микролинз, и поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, которое включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

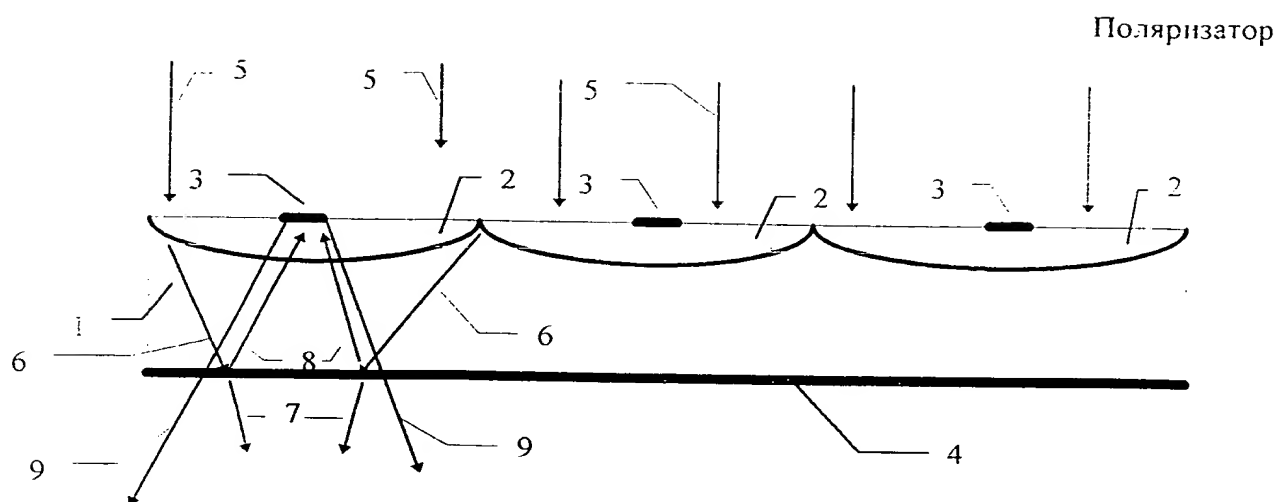
17. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде двух ламинированных пленок или пластин, на внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена система микропризм, на внутренней поверхности первой или второй пленки или пластины нанесено секционированное металлическое зеркало, оптически совмещенное с системой микропризм, на внешней поверхности второй пленки или пластины нанесено поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла.

18. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что он выполнен в виде двух ламинированных пленок или пластин, на внешней поверхности первой пленки или пластины нанесена система микропризм, на внутренней поверхности первой пленки

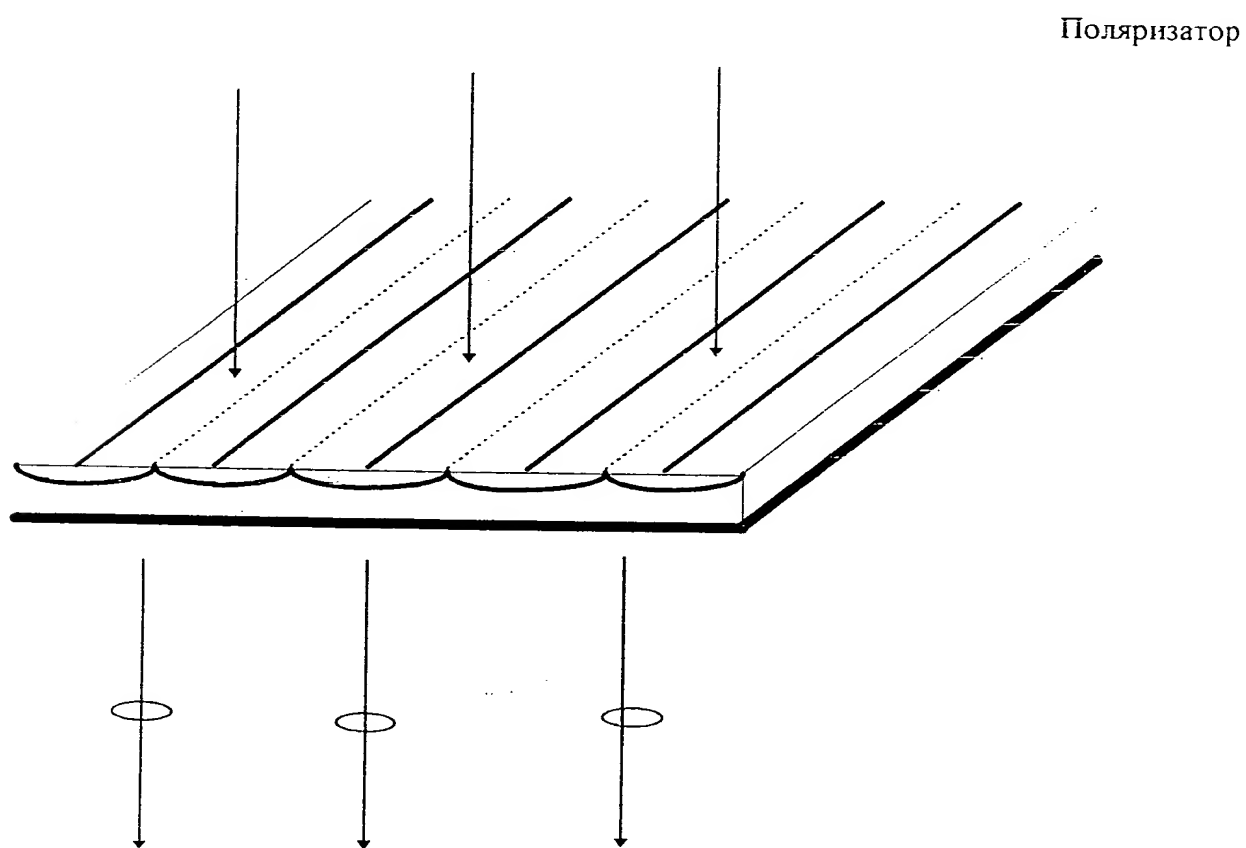
или пластины последовательно нанесены секционированное металлическое зеркало, оптически совмещенное с системой микропризм, и четвертьволновая пластинка, на внешней поверхности второй пленки или пластины нанесено поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, включающее по крайней мере один двутучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки.

1. Патент США 5,007,942, кл. G 02 В 5/30, опубл. 1991
2. Заявка РСТ WO 95/17691, кл. G 02В 5/30, опубл. 1995
3. Патент Российской Федерации 2068573, кл. G 02F 1/13, опубликован 1996
4. Патент США 5,566,367, кл. G 02 В 5/30, опубл. 1996 - прототип
5. Патент США 2, 524, 286, кл. 350-155. опубл. 1950

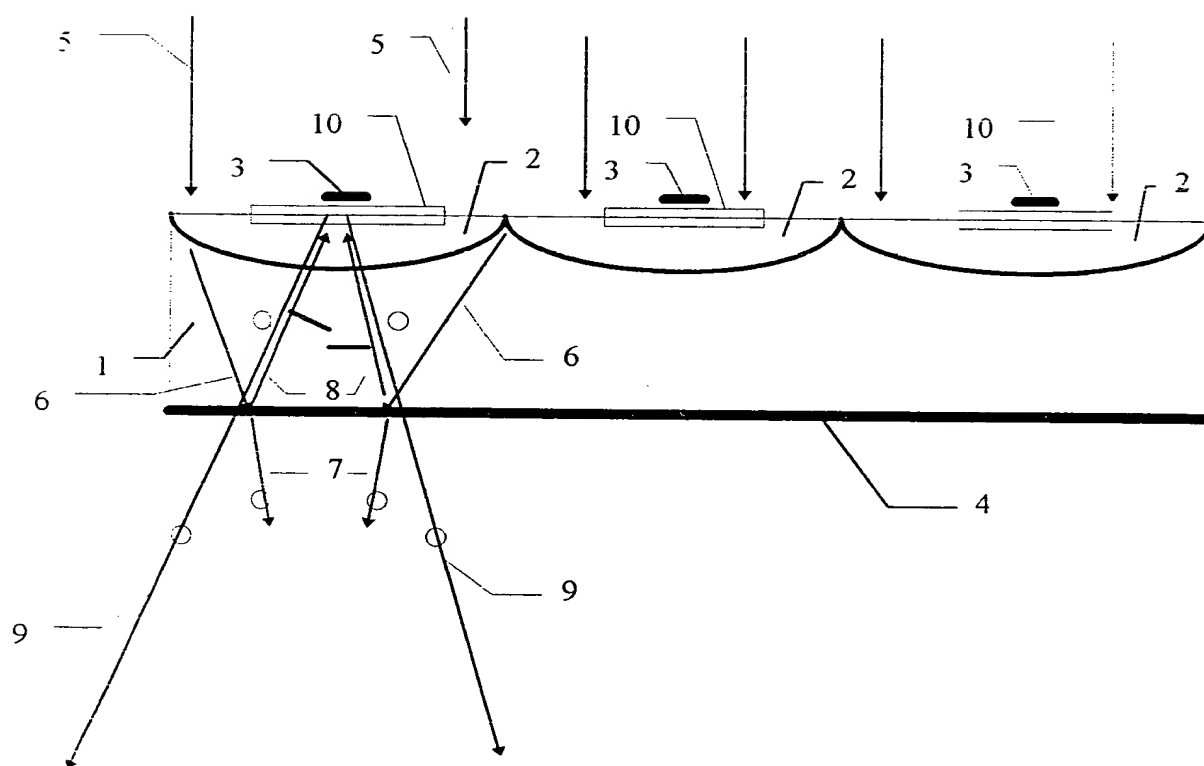


Фиг. 1



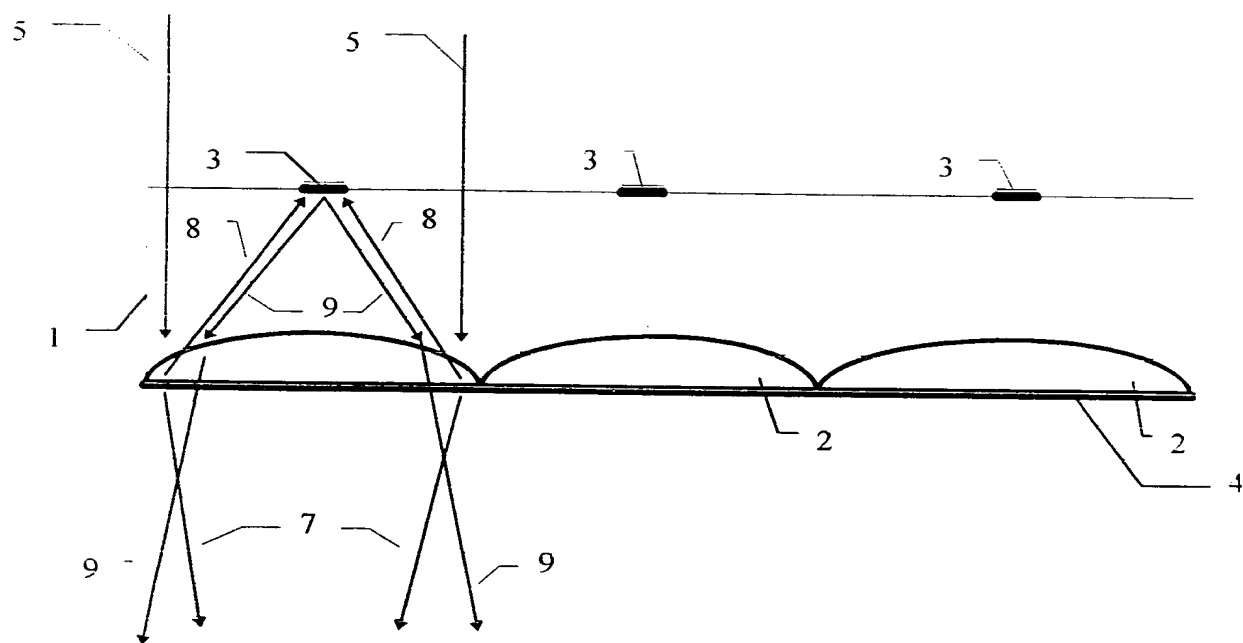
Фиг. 2

Поляризатор

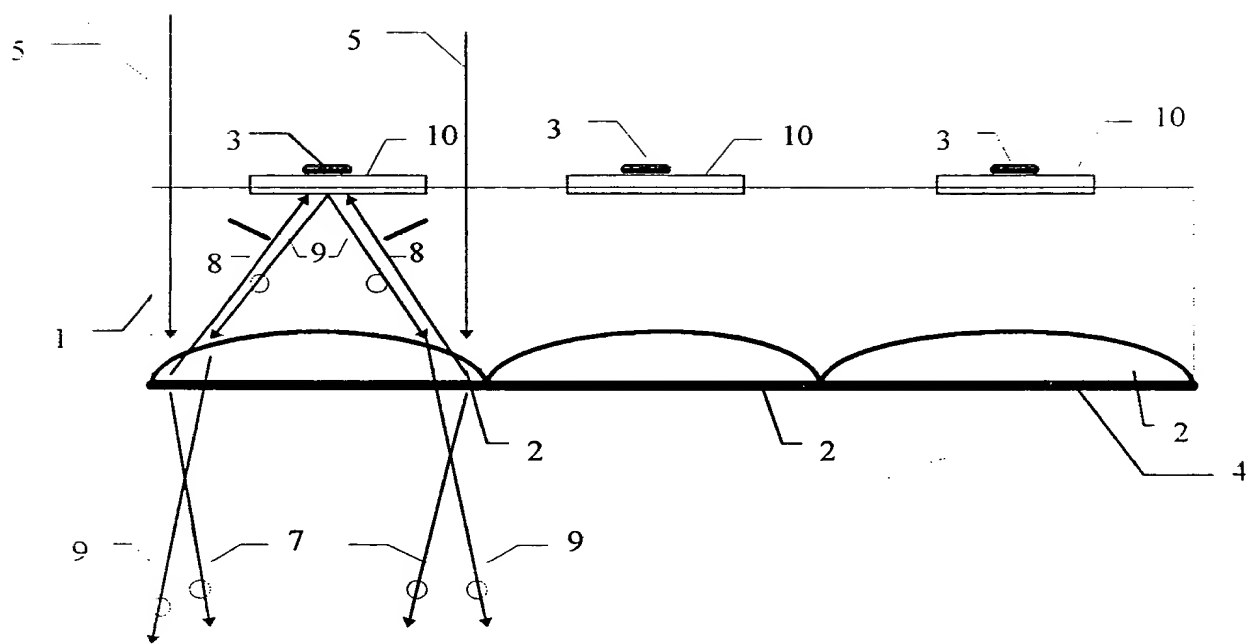


Фиг. 3

Поляризатор

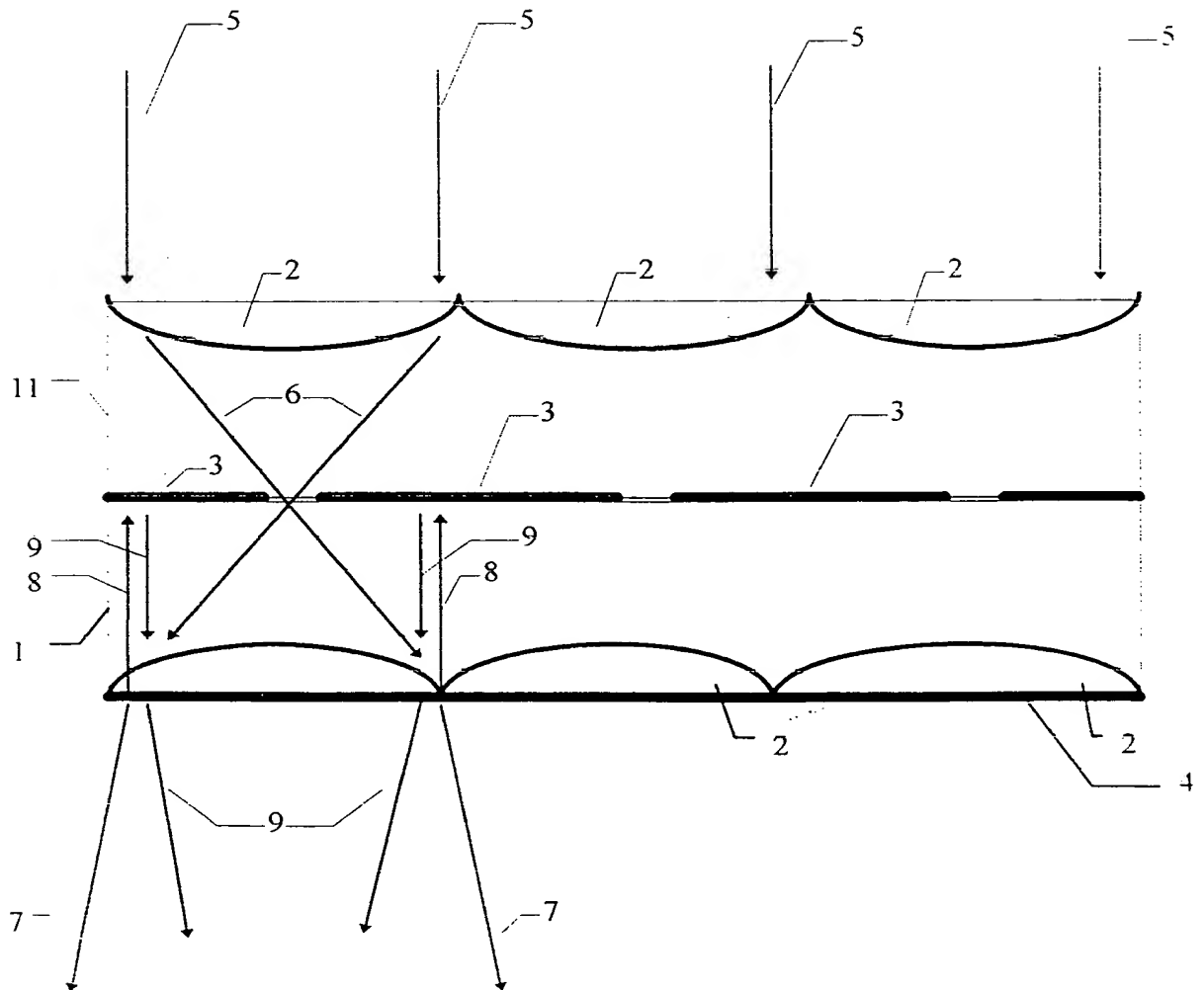


Фиг. 4

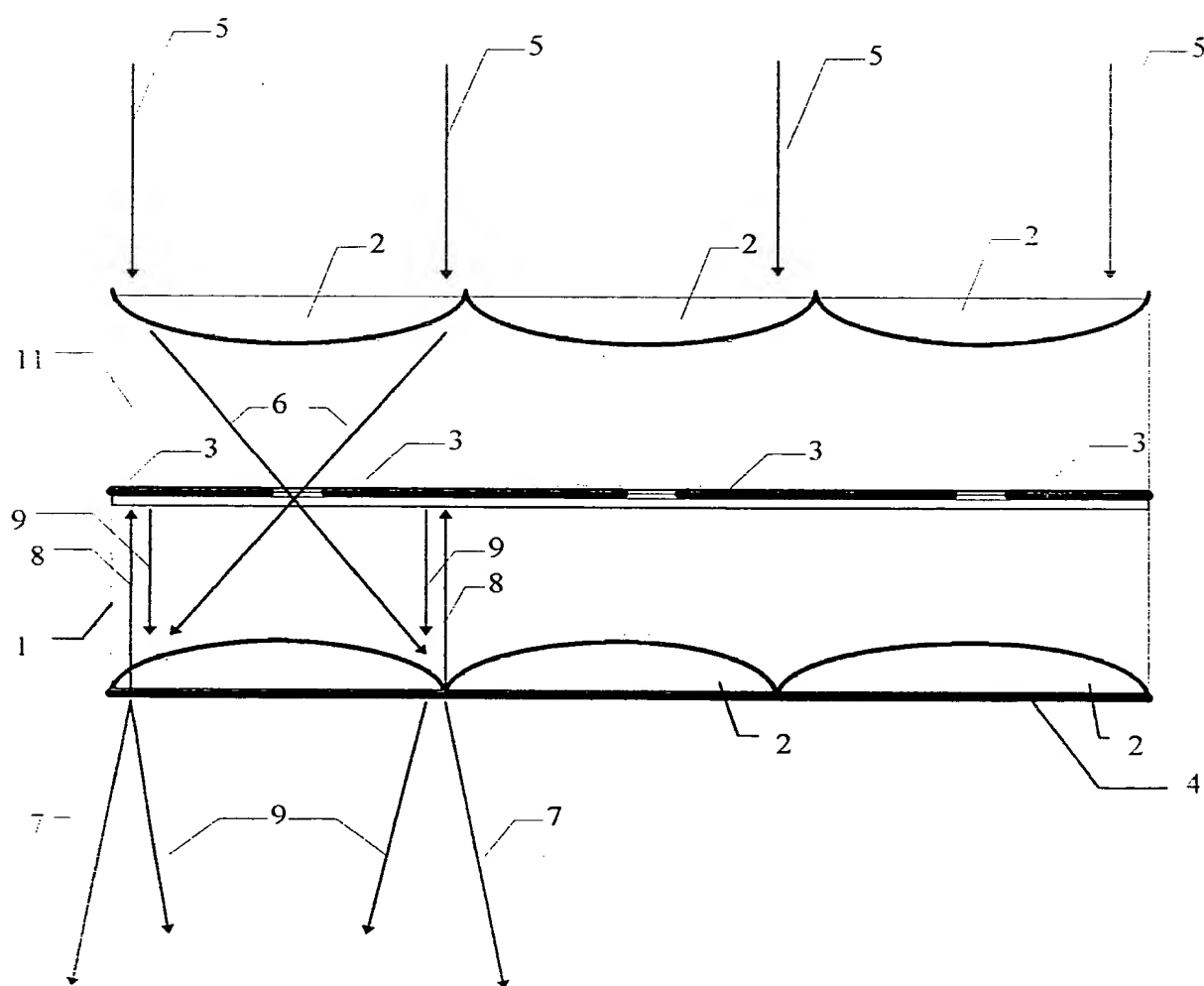


Фиг. 5



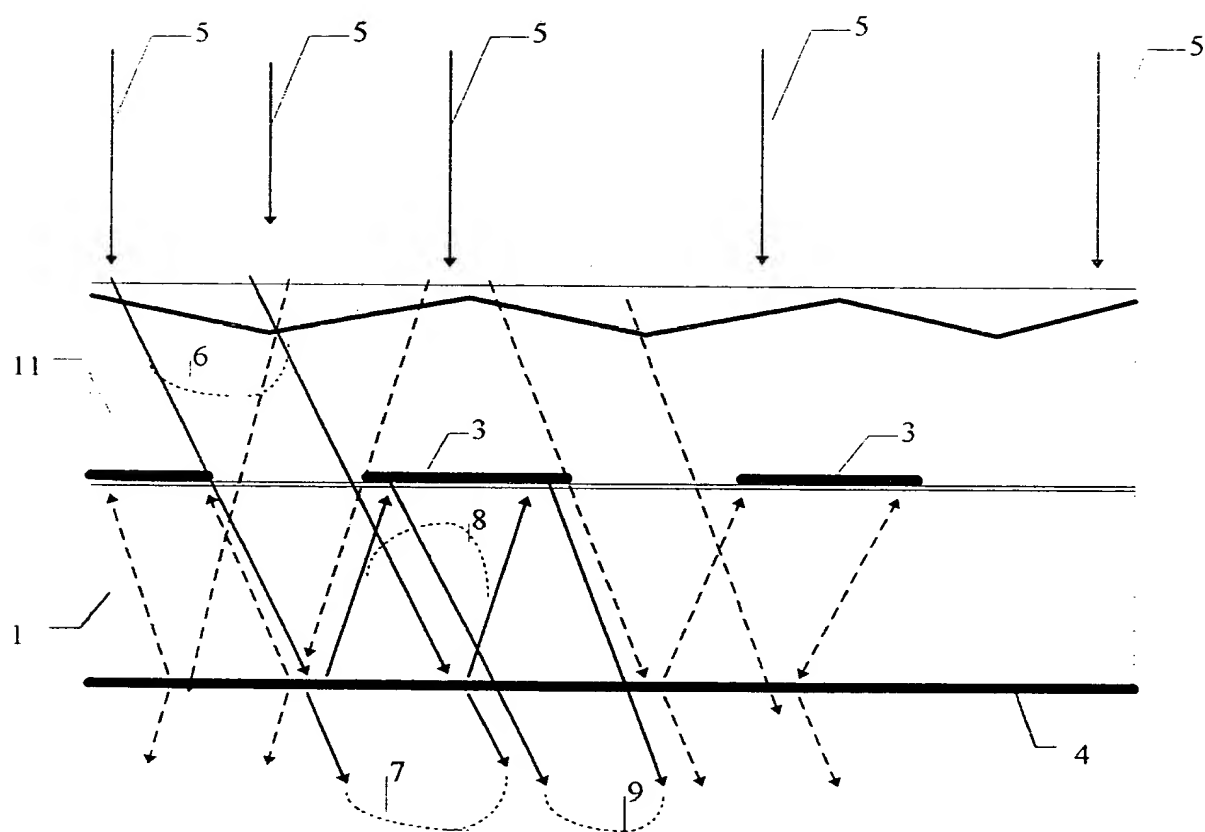


Фиг. 6

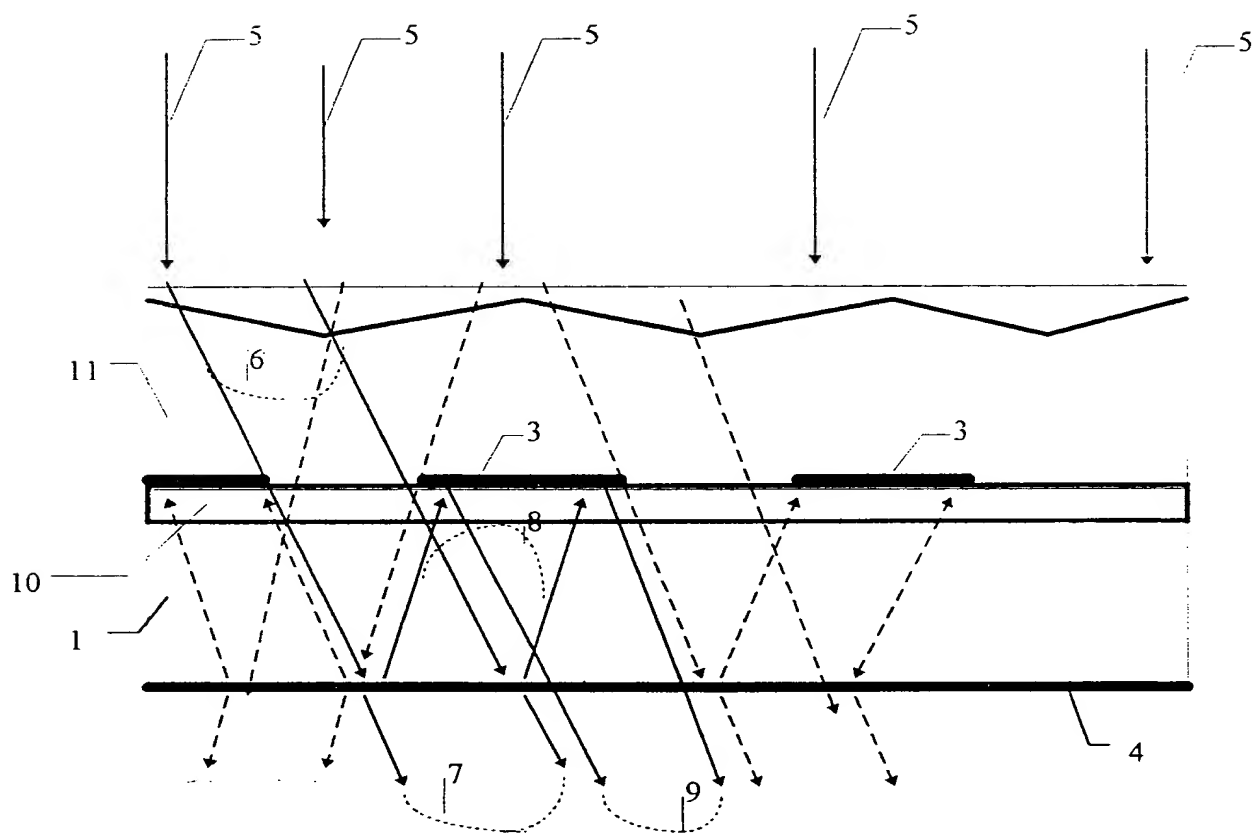


Фиг. 7

Поляризатор



Фиг. 8



Фиг. 9

## Реферат

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, которые могут быть использованы в жидкокристаллических дисплеях, в том числе проекционного типа, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении

Предлагается поляризатор, включающий средство для преобразования входящего неполяризованного света во множество одинаковых световых пучков, поляризующее средство для разделения неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящие и отраженные световые пучки, имеющие различные поляризации, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, названное поляризующее средство включает по крайней мере один двулучепреломляющий слой, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков, средство для изменения поляризации отраженных от поляризующего средства световых пучков и отражающее средство, направляющее выходящие из поляризатора световые пучки по существенно одному и тому же направлению, выполнены совмещенными и содержат секционированное металлическое зеркало, поверхность которого существенно перпендикулярна оси световых пучков, при этом поляризующее средство содержит по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла либо двулучепреломляющий слой с постоянными по толщине слоя направлениями оптических осей.

Результатом изобретения является повышение степени поляризации выходящего из поляризатора света при сохранении высокого энергетического коэффициента преобразования неполяризованного света в поляризованный, а также упрощение конструкции поляризатора.

2402/PM417

N 2

RUSSIAN AGENCY FOR PATENTS AND TRADEMARKS  
(ROSPATENT)  
FEDERAL INSTITUTE FOR INDUSTRIAL PROPERTY

Reg. No. 20/14-496(4)

September 21, 1999

THIS IS TO CERTIFY

By Federal Institute for Industrial Property of Russian Agency for Patents and Trademarks that the materials appended hereto are the exact reproduction of the original specification, claims and drawings (if any) of Application No. 98103710 for patent on invention as filed on the 24th day of February, 1998.

Title of the invention: A polarizer

Applicant(s): MIROSHIN Alexandr Alexandrovich

Actual author(s): BELYA'YEV Sergey Vasil'yevich  
MALIMONENKO Nikolay Vladimirovich  
MIROSHIN Alexandr Alexandrovich  
HAN Ir Gwon

Authorized signer of the copy of  
application for patent on invention

/signature/

G.F. Vostrikov

Head of Division

## A POLARIZER

The invention relates to optics, particularly to optical polarizers that can be suitably used in liquid-crystal displays, including those of the projection type, in lighting fixtures and optical engineering.

The presently used polarizers of the dichroic type represent a polymer film, oriented by uniaxial tension, dyed in mass by dichroic organic dyes or iodine compounds [1]. When a non-polarized light passes through a dichroic-type polarizer [1], one linearly-polarized component, whose oscillation plane is parallel to the absorption axis, is absorbed practically completely and, accordingly, is not further used. The other orthogonal linearly-polarized component, i.e. the one whose oscillation plane is <sup>perpendicular</sup> ~~parallel~~ to the absorption axis, passes through a polarizer, being subjected to a considerable lower absorption. Thus, polarization of the passing light takes place.

A disadvantage of the above-discussed film polarizer of the dichroic type is that therein not more than 50% of the incident light energy is utilized.

Known also are optical polarizers that «work» «at the expense» of the other than dichroism phenomena, e.g. owing to a different light refractive index having different polarizers. Polarizers of such type are referred to as the reflection-type ones, and therein phenomena of the light linear polarization are used both when light beams are incident upon, and reflected from a surface of any dielectric materials at inclined angles approximating Brewster angle, and also the in the case of the normal (perpendicular to a surface) incidence and reflection of light from the surface birefringent materials. Improvement of the polarizing properties is achieved when multi-layer structures of the reflection-type polarizers are used. Layers of cholesteric liquid crystals characterized in that when a non-polarized light is incident thereon, one circularly polarized component (for instance, the right one) of light passes through a CLC-layer, and the other (the left one) is reflected from the LCL-layer, remaining the left circularly polarized one, also can be referred to as the reflection-type polarizers.

Known is a polarizer of the reflection type [2], comprising at least one birefringent layer, for example a polymer film oriented by the uniaxial extension. The preferable version of implementation of such polarizer is that wherein birefringent layers are interleaved with the optically anisotropic layers. When the non-polarized light is incident<sup>n</sup>

on such polarizer of the reflection type, one linearly-polarized light component is essentially reflected, and the other passes through a polarizer. Thus, polarization of the passing light takes place.

A disadvantage of the known polarizer of the reflection type [2] is that therein too not more than 50% of the incident light energy is utilized.

An analogue of the claimed polarizer can be also a source of the circularly-polarized radiation and a projection system [3]. Said source of the circularly-polarized radiation includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal (CLC), a mirror and a source of non-polarized radiation disposed between the mirror and the CLC-layer. Said layer of CLC is a polarizer of the reflection type, i.e. means for dividing the non-polarized beams incident thereon into the polarized and reflected light beams, having different polarizations. When a non-polarized light is incident on a CLC-layer, one circularly-polarized light component (for instance, the right one) passes through the CLC-layer, and the other (the left one) is reflected from the CLC-layer, thereby remaining the circularly-polarized one. When the left circularly-polarized component is incident on a mirror, it is reflected, transforms into the right one and also passes through the CLC-layer. In this source, practically all energy of a non-polarized radiation source is converted into the polarized radiation.

A disadvantage of said source is that, its structure is the spatial one, not a planar one, and has the form of a film or plate.

In terms of the technical essence, the most pertinent prior art is the known polarizer [4], including a means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams, a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, having different polarizations, a means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means that directs the light beams outcoming from the polarizer in essentially the same direction. In this known polarizer [4], the means for dividing the non-polarized light beams into the passing light beam and reflected light beam, having different polarizations, includes a pair of dielectric surfaces disposed at essentially inclined angles with respect to the light beams' axes, approximating Brewster angle; and the means for changing polarization includes an half-wave plate, positioned between said surfaces. In this known polarizer [4], the reflecting means comprises a pair of dielectric surfaces



disposed at essentially inclined angles with respect to the axis of the light beams (at the angles greater than the complete internal reflection angle). This known polarizer has an high energy coefficient of conversion of the non-polarized light into the polarized one, i.e. practically all energy of the non-polarized light is converted into the outcoming polarized light; and also has a comparatively planar structure.

A disadvantage of this known polarizer [4] is a low degree of polarization of the outcoming light, and also a comparatively difficult manufacture thereof.

The goal of the invention is to enhance the degree of polarization of the light outcoming from a polarizer, while maintaining an high energy coefficient of conversion of the non-polarized light into the polarized one, and also to simplify the polarizer structure.

The set goal is to be attained in a polarizer, characterised in that the same is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied onto surface thereof, said polarizing means including at least one birefringent layer whose surface is essentially perpendicular to the axis of light beams; means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means that directs the light beams coming out from the polarizer in essentially the same direction are implemented as integrated and have a sectioned metallic mirror whose surface is essentially perpendicular to the axis of the light beams.

The essential features of the invention are as follows: a means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams, a polarizing means for dividing said non-polarized light beams into the passing and reflected light beams having different polarizations, a means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means that directs the light beams that exit from the polarizer in essentially the same direction.

The distinguishing feature of the invention is that the polarizer is implemented in the form of at least one film or plate, said means are applied onto its surface, said polarizing means includes at least on birefringent layer whose surface is essentially perpendicular to the axis of light beams, a means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means that directs the light beams coming out from the polarizer in the same direction are implemented as <sup>inconjunction</sup> ~~integrated~~ and comprise a sectioned metallic mirror whose surface is essentially perpendicular to the axis of the light beams.

A preferable polarizer according to the invention is the one characterised in that its polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams, including at least one birefringent layer, comprises at least one layer of the cholesteric liquid crystal.

A more preferable is the polarizer according to the invention, that is characterised in that therein at least one layer of a cholesteric liquid crystal is made of a polymeric cholesteric liquid crystal.

Still more preferable is the polarizer according to the invention, characterised in that therein at least one layer of a cholesteric liquid crystal has, <sup>at least</sup> in its thickness, a gradient of the cholesteric spiral pitch and, as a result, the spectral bandwidth of the light selective reflection of not less than 100 nm.

Also preferable is the polarizer according to the invention, characterised in that therein the polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, implemented in the form of at least one birefringent layer, includes at least three layers of cholesteric liquid crystals having the light selective reflection bands in three different spectral ranges.

Preferable is a polarizer, characterised in that therein the polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams includes at least one birefringent layer having constant, <sup>at least</sup> in the layer thickness, directions of the optical axes, and in that upstream of the sectioned metallic mirror positioned is a quarter-wave plate.

Also preferable is a polarizer, characterized in that at least one birefringent layer is the anisotropically absorbing one and has at least one refractive index that grows as the polarized light wavelength increases at least in some range of the operation wavelengths.

An embodiment of the invention is a polarizer, characterized in that the means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams is implemented in the form of a system of microlenses that focus the light beams exiting therefrom into the polarizer. In particular, the microlenses system can be implemented in the form of positive cylindrical microlenses completely covering the polarizer surface.

Another version of the proposed polarizer is characterized in that the means for converting the incoming polarized light into a plurality of identical light beams is

implemented in the form of a system of microprisms completely covering the polarizer surface.

Here and hereinafter the notions of «light» and «optical» (polarizer) mean the electromagnetic radiation of the visible, near ultraviolet and near infrared wavelength ranges, i.e. that of 250-300 nm to 1000-2000 nm (0.25-0,3 to 1-2 micrometers).

Here and hereinafter a planar polarizer is cited solely for the purpose of a more ready understanding. Without prejudice to the generality, we mean also a polarizer having diverse shapes: cylindrical, spherical and more complex shapes. Further, the claimed polarizer can be implemented both as structurally single and isolated, and as applied on various substrates or between substrates.

One of the essentially members of the claimed polarizer is a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams. Such means, in other words, is referred to as a «reflection-type polarizer», or «transflector-type polarizer». The distinguishing feature of the proposed polarizer is that the polarizing means includes at least one birefringent layer whose surface is essentially perpendicular to the axis of light beams. Depending on a type of the used birefringent layer, division of the non-polarized light beams can be done either into a linearly-polarized passing and reflected, with the orthogonal polarizations, beam, or a circularly-polarized passing and reflected, with opposite polarization rotation signs, beam.

Layers having at least two different refractive indices: the extraordinary index  $n_e$  for one linearly-polarized light component, and the ordinary index  $n_o$  for the other orthogonal linearly-polarized light component, are referred to as the birefringent ones. In the most simple case, the optical axes, to which axes the extraordinary and <sup>ordinary</sup> reflected indices correspond, are orthogonal and disposed in the layer plane. The optical axis, to which axis the extraordinary refractive index  $n_e$  corresponds, is defined by this or other way. For example, such axis can be the direction in which a polymer material has been drawn, or a director in an oriented nematic liquid crystal. Such birefringent layer in sense of crystal optics corresponds to an optically uniaxial plate, cut in parallel to the main axis. Here and hereinafter, as an example, considered are the optically positive birefringent layers, wherein  $n_e > n_o$ . Without prejudice to the generality, all inferences also belong to the optically negative birefringent layers, wherein  $n_e < n_o$ . In a more general case, for example for the optically biaxial layers, there are three different refractive indices  $n_x = n_e$ ,

$n_y = n_o$  ,  $n_z$ . Refractive index  $n_x$  corresponds to the direction of oscillations in a light wave, which direction is parallel to the layer plane and directed along direction X, somehow defined, in the layer plane, and also corresponds to the following directions:  $n_y$  - direction of Y-oscillations in a light wave, also parallel to the layer plane, but perpendicular to X-direction,  $n_z$  - direction of Z-oscillations in a light wave that is perpendicular to the layer plane. Depending on a method for manufacturing the birefringent layers and a type of the used materials, ratio of refractive indices values  $n_x$  ,  $n_y$  ,  $n_z$  can be different.

A preferable version is the use, in the proposed polarizer, of a polarizing means including at least one anisotropically absorbing birefringent layer with at least one refractive index that grows as the polarized light wavelength increases at least in some range of the operation wavelengths.

The most preferable is the use of the anisotropically absorbing birefringent layers having at least one refractive index that is directly proportional with the polarized light wavelength at least in some range of the operation wavelengths.

A birefringent layer can have constant, <sup>across</sup> in the layer thickness, directions of the optical axes, or directions of said axes can vary obeying a certain rule.

Characteristic examples of the birefringent layers having constant, <sup>across</sup> in the layer thickness, directions of the optical axes are polymeric films oriented by uniaxial or biaxial extension, liquid or solidified oriented layers of nematic liquid crystals, and oriented molecularly-arranged layers of dichroic dyes capable of bringing about the lyotropic liquid crystal phase.

An example of the birefringent layers, having the optical axes that vary within the layer thickness under a certain rule, are layers of cholesteric liquid crystals. In such layers, the optical axis corresponding to long axes of stick-shaped molecules and, accordingly, to a greater refractive index, rotates in the mental movement within thickness, remaining parallel to the layer plane. The distance in the thickness, in which distance the optical axis make the complete rotation of  $360^\circ$  is referred to as the cholesteric spiral pitch. The optical axis rotation direction can be both clockwise, and such spiral is named as the right spiral, and counter-clockwise, and such spiral is named as the left spiral. Such structure (texture) of a birefringent layer in cholesteric liquid crystals is referred to as the planar one, or the

Grandjean texture. The main optical properties of a birefringent layer of cholesteric liquid crystals having the planar texture are as follows:

1. When light is incident on such layer, there is an area of selective light reflection, whose spectral position is proportional to the cholesteric spiral pitch.
2. Spectral width of the selective light reflection area is proportional to anisotropy of the refractive index (i.e. to the difference between the extraordinary and ordinary radiation indices).
3. Within the area of selective light reflection, one circularly-polarized component of the non-polarized light, whose rotation direction coincides with the cholesteric spiral rotation direction, is reflected completely, the other circularly-polarized component of the non-polarized light, whose rotation direction is opposite to the cholesteric spiral rotation direction, passes through the layer completely.

Thus, a layer of cholesteric liquid crystals having the planar texture, is a circular polarizer of the reflection type both for the passing light, and the reflected light. Such layer can serve as, or be comprised by a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, having different polarizations. When there is the necessity to convert the circular polarizations into the linear ones, the known quarter-wave plate can be utilised.

The following can be used for manufacturing a birefringent layer, having constant, in the layer thickness, directions of the optical axes:

1. Polymeric films oriented by the uniaxial or biaxial extensions, that are transparent (not light-absorbing) in the operation wavelength range.
2. Layers of low-molecular thermotropic liquid crystal substances or their mixtures, inclusive of those representing dichroic dyes, or comprising the liquid-crystal and/or non-liquid-crystal dichroic dyes as a component.
3. Layers of polymeric thermotropic liquid-crystal and/or non-liquid-crystal substances or their mixtures, comprising dichroic dyes solved in mass and/or chemically bonded to a polymeric chain.
4. Oriented films of the non-liquid-crystal polymer materials, having a controlled degree of hydrophilicity, dyed with dichroic dyes and/or iodine compounds.
5. Layers of dichroic organic dyes of the polymeric structure.

6. Oriented, molecularly-arranged layers of organic salts of dichroic anionic dyes.
7. Oriented, molecularly-arranged layers of dichroic dyes capable of forming the lyotropic liquid crystal phase, e.g. having thickness not less than 0.1 mcm, including that of the polymeric structure.
8. Anisotropically absorbing birefringent layers, formed of associates of dichroic dyes, comprising ionogen groups, with at least one mole of an organic ion.
9. Anisotropically absorbing birefringent layers, formed of associates of mixed salts of dichroic anionic dyes, comprising various cations.
10. Anisotropically absorbing birefringent layers, formed of associates of dichroic dyes, comprising ionogen groups, with at least one mole of surfactant ions.

Further, the dichroic dyes can be of the following classes: asodyes, anthraquinonic, polycyclic, heterocyclic, triaryl methanic, etc. dyes, which in turn belong to the anionic (direct, active and acid) cationic dyes.

Possibility of using other materials for forming birefringent layers for the proposed optical polarizer is not restricted by the above-mentioned versions.

A birefringent layer in the proposed optical polarizer can be both solid and liquid.

The use of at least one anisotropically absorbing birefringent layer, though causing slight losses of light in an optical polarizer, however these losses are small, particularly in layers 0,1 mcm thick; and the attained technical result, which consists in an improvement of the polarization degree of the light leaving a polarizer, while maintaining an high energy coefficient of conversion of the non-polarized light into the polarized one, compensates for such losses.

Selection of techniques for manufacturing the polarizer according to the invention depends of the type of materials used for making the birefringent layers, and does not affect the essence of the invention.

The following standard methods can be applied for forming a polarizing coating, comprising at least one birefringent layer, on the surface of the proposed polarizer: laminating of the preliminarily drawn-oriented polymeric films, applying of the used materials in the liquid state by a roller, doctor blade, blade in the form of a non-rotatable cylinder, applying with the use of a sheet die and other. In some cases, a layer, after it has been applied, is subjected to drying to eliminate solvents. In other cases, for example, for

the thermoplastic polymer materials and vitrified materials, the applied layer is cooled after application thereof.

The other techniques that can be used for producing birefringent layers of the materials formed in the process of application of the liquid crystal phase, is application thereof on a substrate, preliminarily prepared for orientation of the liquid crystal phase [5]. One of such techniques is the unidirectional rubbing of a substrate, or that of a thin polymer layer preliminarily applied thereon - known and used for orienting the thermotropic low-molecular liquid crystal mixtures in manufacture of LC-displays.

Another technique for producing birefringent layers is a known technique of photo-orientation of a preliminarily applied, in a way, layer using irradiation thereof by the linearly-polarized ultraviolet light.

For applying birefringent layers of the thermotropic polymer materials, extruders, inclusive of those having a number of sheet dies and allowing to apply, in one run, a number of layers of different polymer materials of a required thickness, can be used.

For producing a layer of the cholesteric liquid crystals of the planar texture, esters of cholesterol, nematic liquid crystals whereto introduced are optically active compounds, the so called chiral nematics, wherein the optically active centre is chemically bonded with molecules of a nematic liquid crystal, polymeric cholesteric crystals, lyotropic cholesteric liquid crystals of, for example, polypeptides and cellulose esters, can be used.

The so manufactured layers can be liquid and solid ones. Solidification of layers can take place under the following conditions: lowering of temperature, evaporation of a solvent, polymerization, including the photo-induced polymerization.

As a means for conversion of the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams, a system of microlenses, both spatial lenses and Fresnel flat lenses, and also other means for focusing the light beams; a system of microprisms of the spatial prisms, for example of the triangular shape, or flat prisms, for example those having the refractive index distributed within thickness and across the surface, as well as other means for deflecting the light beams, can be used.

For manufacture of a system of microlenses or microprisms, techniques of moulding, casting, e.g. filling of the preliminarily extruded depressions of the required shape in a polymer film by a polymer material having a greater refractive index, and the photo-induced polymerization and other techniques can be used.

For application of a sectioned metallic mirror, the following standard methods can be used: thermal evaporation in vacuum, vapour deposition in with subsequent thermal treatment, magnetronic spraying and other methods. For application of a mirror, aluminium (Al), silver (Ag) and other metals can be utilised.

Embodiments of the polarizer according to the invention are shown in Figs 1 - 9.

Fig. 1 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer, characterized in that it is implemented in the form of single film or plate, on whose first surface applied is a system of microlenses and a sectioned metallic mirror, and on the second one - a polarizing means including at least one layer of a cholesteric liquid crystal. Fig. 2 shows a general view of the proposed polarizer of Fig. 1. Fig. 3 schematically shows a cross section of the proposed polarizer, characterized in that it is implemented in the form of a single film or plate, on whose first surface applied is a system of microlenses, a sectioned metallic mirror and a quarter-wave plate, and on the second one - a polarizing means including at least one birefringent layer having constant, <sup>or less</sup> in the layer thickness, directions of optical axes. Figs. 4 and 5 schematically show a cross-section of the proposed polarizer, characterized in that it is implemented in the form of a single film or plate, on whose first surface applied is a sectioned metallic mirror, and on the second one - a polarizing means and a system of microlenses. Figs. 6 and 7 schematically show a cross-section of the versions of the proposed polarizer, implemented in the form of two laminated films or plates, on whose external surfaces applied are a polarizing means and two systems of microlenses, on the internal surfaces - a sectioned metallic mirror 3. Figs. 8 and 9 schematically show a cross-section of the versions of the proposed polarizer implemented in the form of two laminated films or plates, on whose external surfaces applied are a polarizing means and a system of microprisms, on the internal surfaces - sectioned metallic mirror 3.

Fig. 1 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to embodiment 1 implemented in the form of a single film or plate 1, on whose first surface sequentially applied are system of microlenses 2 and sectioned metallic mirror 3, optically coincidental with said system of microlenses, and on the second surface of the film or plate applied is means 4 for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams, including at least one layer of a cholesteric liquid crystal.



Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, in Fig. 1 the ~~travel~~ path of the rays is shown schematically, without taking into account the refraction on boundaries of different layers, and only for one microlens). Non-polarized light 5 is incident on a first surface of the polarizer and focused by microlenses into the polarizer, thus forming light beams 6. Sectioned metallic mirror 3 does not practically shield non-polarized light 5, because transverse dimensions of its light-reflecting elements are selected to be much smaller than those of the microlenses (e.g., the transverse dimensions of the light-reflecting elements are 10 mcm, and those of the microlenses are 100-200 mcm). Light beams 6, focused by microlenses 2, are incident upon means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one layer of cholesteric liquid crystal. Thereby, about an half of the light energy of the non-polarized light beams 6 is converted into energy of passing light beams 7, for example, with the right circular polarization (the direction of the circular polarization of the passing light beams is opposite to the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). The other half of the light energy of the non-polarized light beams 6 is converted into energy of the reflected light beams 8, in this example, with the left circular polarization (the direction of the circular polarization of the reflected light beams coincides with the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). Reflected light beams 8, having the left circular polarization, are focused into a point on the light reflecting elements of metallic mirror 3 (to this end, the focal distance, or, in other words, the focal power of microlenses 2 is selected appropriately). The reflected from metallic mirror 3 light beams 9 have the right circular polarization, i.e. that is opposite to polarization of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of polarization is caused by the known optical properties of a metallic mirror. Light beams 9, having the right circular polarization, pass through the cholesteric liquid crystal layer without changes therein. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically entirely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 with the identical circular polarization of an high degree.

To widen the range of the polarizer's operation wavelengths, the means for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams, implemented in the form of at least one birefringent layer, includes at least three layers of

cholesteric liquid crystals, having bands of the light selective light reflection in three different spectral ranges.

In this, or the other embodiment of the polarizer having an extended ranges of operation wavelengths, at least one cholesteric liquid crystal layer has, in its thickness, a gradient of the cholesteric spiral pitch and, as a result, has the spectral bandwidth of the light reflection of not less than 100 nm.

Preferable is a polarizer, characterized in that at least one layer of the cholesteric liquid crystal is made of a polymeric cholesteric liquid crystal.

A quarter-wave plate can be further installed so that to avoid energy losses in converting the circular polarized light, that leaves the polarizer, into the linearly polarized light at output of the polarizer.

Fig. 2 schematically shows a general view of the proposed polarizer, whose cross-section is shown in Fig. 1. The polarizer is implemented in the form of a single film or plate 1, on whose first surface sequentially applied are system of microlenses 2 and sectioned metallic mirror 3 optically coincidental with said system of microlenses, and on the second surface of the film applied is means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams that include at least one cholesteric liquid crystal layer. As the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of polarized beams 7 and 9 with the identical circular polarization.

Fig. 3 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to another embodiment, implemented in the form of a single film or plate 1, on whose first surface applied is system of microlenses 2 and sectioned metallic mirror 3 optically coincidental with said system of microlenses. Upstream of sectioned metallic mirror 3 positioned is quarter-wave plate 10, which is sectioned, i.e. covering at least the entire surface of sectioned metallic mirror 3, as shown in Fig. 3, or non-sectioned, i.e. entirely covering the first surface of the polarizer. On the second surface of film 1 applied is means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer having constant <sup>across</sup> in the layer thickness, directions of optical axes.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, in Fig. 3 the travel path of the rays is simplified, without taking into

account the refraction on the boundaries of different layers, and only for one microlens). Non-polarized light 5 is incident on a first surface of the polarizer and focused by the microlenses into the polarizer, thus forming light beams 6. Sectioned metallic mirror 3 does not practically shield the non-polarized light, because the transverse dimensions of its light reflecting elements are selected to be much smaller than those of the microlenses (e.g., the transverse dimensions of the light reflecting elements are 10 mcm, and those of the microlenses - 100-200 mcm). Light beams 6, focused by microlenses 2, are incident upon means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes. Thereby, about an half of the light energy of the non-polarized light beams 6 is converted into energy of passing light beams 7, for example, with the linear polarization, perpendicular to the pattern plane. The other half of the light energy of non-polarized light beams 6 is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the linear polarization, parallel to the pattern plane. Reflected light beams 8 having the linear polarization, parallel to the pattern plane, pass through quarter-wave plate 10 and focused into a point on the light reflecting elements of metallic mirror 3 (for this purpose, the focal distance, or, in other words, the focal power of microlenses 2 is selected appropriately). Light beams 9, reflected from metallic mirror 3 and having passed one again through quarter-wave plate 10, have the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, i.e. orthogonal with the linear polarization of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such change of polarization is caused by the known optical properties of the combination of a quarter-wave plate and a metallic mirror. Light beams 9, having the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, pass through the birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes, without any change therein. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 is practically completely converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 having the identical linear polarization (in this example - the polarization that is perpendicular to the pattern plane) of an high degree.

Fig. 4 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of a single film or plate 1, on whose first surface applied is sectioned metallic mirror 3, and on the second surface of the film sequentially applied are system of microlenses 2, optically coincidental with sections of metallic mirror

3, and means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 4 shows a simplified travel path of the rays, without taking into account the refraction on boundaries of different layers, and only for one microlens). Non-polarized light 5 passes through film 1 and system of microlenses 2, which system by virtue of focusing converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams. These beams are incident on means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal. Sectioned metallic mirror 3 does not practically shield non-polarized light 5, because the transverse dimensions of its light reflecting elements are selected to be much smaller than those of the microlenses (e.g., the transverse dimensions of the light reflecting elements are 10 mcm, and those of the microlenses - 100-200 mcm). Therefore, about an half of the light energy of the non-polarized light beams, having passed through polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the right circular polarization (the direction of the circular polarization of the passing light beams is opposite to the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). The other half of the light energy of the non-polarized light beams is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the left circular polarization (the direction of the circular polarization of the reflected light beams coincides with the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). The reflected from polarizing means 4 and having passed once again system of microlenses 2, light beams 8 having the left circular polarization are focused into a point on the light reflecting elements of metallic mirror 3 (for this purpose, the focal distance, or, in other words, the focal power of microlenses 2 is selected appropriately). The reflected from metallic mirror 3 light beams 9 have the right circular polarization, i.e. the polarization that is opposite to polarization of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties of a metallic mirror. Light beams 9 having the right circular polarization pass through the cholesteric liquid crystal layer without a change therein. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-

polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 having the identical circular polarization of a high degree.

More preferable is a polarizer according to the invention, characterized in that at least one layer of a cholesteric liquid crystal has, in its thickness, a gradient of the cholesteric spiral, and, as a result, has the spectral bandwidth of the light selective reflection of not less than 100 nm.

Fig. 5 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of a single film or plate 1, on whose first surface applied is sectioned metallic mirror 3. Upstream of metallic mirror 3 applied is quarter-wave plate 10, which is sectioned, i.e. covering at least the entire surface of sectioned metallic mirror 3, as shown in Fig. 5, or non-sectioned, i.e. covering entirely a first surface of the polarizer. On the second surface of the film sequentially applied are system of microlenses 2, optically coincidental with sections of metallic mirror 3, and means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer of a cholesteric liquid crystal.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 5 shows a simplified travel path of the rays, without taking into account the refraction on boundaries of different layers, and only for one microlens). Non-polarized light 5 passes through film 1 and system of microlenses 2, which system by virtue of focusing converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams. These beams are incident on means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, <sup>across</sup> in the layer thickness, directions of optical axes. Sectioned metallic mirror 3 does not practically shield non-polarized light 5, because the transverse dimensions of its light reflecting elements are selected to be much smaller than those of microlenses (e.g., the transverse dimensions of the light reflecting elements are 10  $\mu\text{m}$ , and those of the microlenses - 100-200  $\mu\text{m}$ ). Therefore, about an half of the light energy of the non-polarized light beams, having passed through polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the linear polarization, perpendicular to the pattern plane. The other half of the light energy of the non-polarized light beams is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the linear polarization, parallel to the pattern plane. The reflected from

polarizing means 4 and having passed once again system of microlenses 2, light beams 8 pass through quarter-wave plate 10 and are focused into a point on the light reflecting elements of metallic mirror 3 (for this purpose, the focal distance, or, in other words, the focal power of microlenses 2 is selected appropriately). The passed through quarter-wave plate 10, reflected from metallic mirror 3 and passed once again through quarter-wave plate 10, light beams 9 have the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, i.e. that is orthogonal with polarization of light beams 8 incident upon metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties of the combination of a quarter-wave plate and a metallic mirror. Light beams 9 having the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, pass through the birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes, without a change therein. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 having the identical linear polarization (in this example, perpendicular to the pattern plane) of an high degree.

Fig. 6 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of two, for example, laminated films or plates 1 and 11, wherein on the external surface of a first film or plate applied is a first system of microlenses 2, on the internal surface of the first or second film or plate applied is metallic mirror 3, and on the external surface of the second film or plate sequentially applied are the second system of microlenses 2 optically coincidental with sections of metallic mirror 3 and with the first system of microlenses, and means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 6 shows a simplified travel path of the rays, and only for one microlens). Non-polarized light 5 passes through the first system of microlenses 2, which system converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams 6 and focuses the same on the places of the internal surface of the first film or plate, which are not covered with sections of metallic mirror 3. Having passed the focus, beams 6 are incident on means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal. About an half of the light energy of the non-polarized light beams, having passed through

polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the right circular polarization (the direction of the circular polarization of the passing light beams is opposite to the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). The other half of the light energy of the non-polarized light beams is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the left circular polarization (the direction of the circular polarization of the reflected light beams coincides with the spiral sign of the used cholesteric liquid crystal). The reflected from polarizing means 4 and having passed once again the second system of microlenses 2, light beams 8, having the left circular polarization, have the parallel rays, i.e. beams 8 are focused in infinity (for this purpose, the focal distance, or, in other words, the focal power of the second system microlenses 2 is selected appropriately). Having been reflected from metallic mirror 3 light beams 8 are converted into light beams 9 having the right circular polarization, i.e. the polarization that is opposite to polarization of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties of a metallic mirror. Sectioned metallic mirror 3 practically completely reflects beams 8, i.e. no loss of the light energy occurs, for the transverse dimensions of the places, whereat the light reflecting elements are absent, are selected to be much smaller than those of the microlenses (e.g. transverse dimensions of said place are 10 mcm, and those of the microlenses - 100-200 mcm). Light beams 9, having the right circular polarization and the parallel rays, pass through the second system of microlenses and the cholesteric liquid crystal layer without a change in the polarization and intensity, but they are converted into the convergent beams owing to passage through the second system of microlenses.. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outcoming polarized beams 7 and 9 having the identical polarization of an high degree.

Fig. 7 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of two, for example, laminated films or plates 1 and 11. On the external surface of a first film or plate applied is a first system of microlenses 2, on the internal surface, for example, of the first film applied is a metallic mirror 3, whereon applied is a quarter-wave plate necessarily covering all sections of metallic mirror 3, and, possibly, to simplify the application technique, also covering the places not closed by sections of mirror 3. On the external surface of the second film or plate sequentially applied are the second system of microlenses 2 optically coincidental

with sections of metallic mirror 3 and with the first system of microlenses, and means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, <sup>across</sup> in the layer thickness, directions of optical axes.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 7 shows a simplified travel path of the rays, and only for one microlens). Non-polarized light 5 passes through system of microlenses 2, which system converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams 6 and focuses the same on the places of the internal surface of the first film, which are not covered with sections of metallic mirror 3. Having passed the focus, beams 6 are incident on means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes. About an half of the light energy of the non-polarized light beams, having passed through polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the linear polarization perpendicular to the pattern plane. The other half of the light energy of the non-polarized light beams is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the linear polarization, parallel to the pattern plane. Light beams 9, having passed quarter-wave plate 10, reflected from metallic mirror 3 and having passed once again quarter-wave plate 10, have the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, i.e. orthogonal with polarization of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties of the combination of a quarter-wave plate and a metallic mirror. Sectioned metallic mirror 3 practically completely reflects beams 8, i.e. no loss of the light energy occurs, for the transverse dimensions of the places, whereat the light reflecting elements are absent, are selected to be much smaller than those of the microlenses (e.g. transverse dimensions of said places are 10 mcm, and those of the microlenses - 100-200 mcm). Light beams 9 having the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, pass through the birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes without a change in the polarization and intensity, but they are converted into the convergent beams owing to passage through the second system of microlenses. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outcoming



polarized beams 7 and 9 having the identical linear polarization (in this case, the polarization perpendicular to the pattern plane) of an high degree.

Fig. 8 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of two, for example, laminated films or plates 1 and 11. On the external surface of a first film or plate applied is a first system of microprisms 2, on the internal surface of the first or second film or plate applied is metallic mirror 3, optically coincidental with system of microprisms 12. On the external surface of the second film or plate sequentially applied is polarizing means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 8 shows a simplified travel path of the rays). Non-polarized light 5 passes through system of microprisms 12, which system converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams 6 having parallel rays. Beams 6 are deflected from the perpendicular to the film plane by the left and right slopes of prisms 12 at the same angle to the right and to the left, respectively (in this embodiment the refractive index of the materials of microprisms is selected to be greater than that of the film material), and pass the places in sectioned metallic mirror 3 not occupied by the light reflecting elements of mirror 3. Then non-polarized beams 6 are incident upon means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one cholesteric liquid crystal layer. About an half of the light energy of the non-polarized light beams 6, having passed through polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the right circular polarization (the direction of the circular polarization of the passing light beams is opposite to the sign of the spiral of the used cholesteric liquid crystal). The other half of the light energy of the non-polarized light beams 6 is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the left circular polarization (the direction of the circular polarization of the reflected light beams coincides with the sign of the spiral of the used cholesteric liquid crystal). Light beams 8, having been reflected from metallic mirror 3, are converted into light beams 9 having the right circular polarization, i.e. the polarization that is opposite to that of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties of a metallic

mirror. Sectioned metallic mirror 3 practically completely reflects beams 8, i.e. no loss of the light energy occurs, for the transverse dimensions of the light reflecting elements are selected to be equal or slightly greater than those of beams 8. Light beams 9 having the right circular polarization pass through the cholesteric liquid crystal layer without a change in the polarization and intensity state. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 having the identical circular polarization of an high degree.

System of microprisms 12 applied on the external surface of the first film can have its vertexes facing the direction away from the film. Microprisms can also have a shape other than triangular.

Fig. 9 schematically shows a cross-section of the proposed polarizer according to the embodiment implemented in the form of two, for example, laminated films or plates 1 and 11. On the external surface of a first film or plate applied is a first system of microprisms 2, on the internal surface of the first film or plate sequentially applied are metallic mirror 3, optically coincidental with system of microprisms 12, quarter-wave plate 10 necessarily covering all sections of metallic mirror 3, and, possibly, to simplify the application technique, also the places not covered by sections of metallic mirror 3. On the external surface of the second film applied is polarizing means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, Fig. 9 shows a simplified travel path of the rays). Non-polarized light 5 passes through system of microprisms 12, which system converts incoming non-polarized light 5 into a plurality of identical light beams 6 having parallel rays. Beams 6 are deflected from the perpendicular to the film plane by the left and right slopes of prisms 12 at the same angles to the right and to the left, respectively, and pass the places in sectioned metallic mirror 3 not occupied by the light reflecting elements of mirror 3.

Then non-polarized beams 6 are incident upon means 4 for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected beams, which means includes at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of

optical axes. About an half of the light energy of the non-polarized light beams 6, having passed through polarizing means 4, is converted into energy of passing light beams 7, having, for example, the linear polarization, perpendicular to the pattern plane. The other half of the light energy of the non-polarized light beams 6 is converted into energy of reflected light beams 8, in this example, having the linear polarization, parallel to the pattern plane. Light beams 9, having passed through quarter-wave plate 10, been reflected from metallic mirror 3 and passed once again quarter-wave plate 10, have the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, i.e. the polarization that is orthogonal with that of light beams 8 incident on metallic mirror 3. Such alteration of the polarization is caused by the known optical properties the combination of a quarter-wave plate and a metallic mirror. Sectioned metallic mirror 3 practically completely reflects beams 8, i.e. there is no loss of the light energy, for the transverse dimensions of the light reflecting elements are selected to be equal to, or slightly greater than those of beams 8. Light beams 9 having the linear polarization, perpendicular to the pattern plane, pass through polarizing means 4 without a change in the polarization and intensity state. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 having the identical linear polarization of an high degree.

Further possible versions of specific embodiments of the proposed polarizer are not restricted by the above-discussed examples.

## CLAIMS

1. A polarizer, comprising means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams, a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams having different polarizations, a means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means directing the light beams leaving the polarizer in essentially the same direction, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied on their surface, said polarizing means includes at least one birefringent layer whose surface is essentially perpendicular to the axis of light beams, the means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and the reflecting means directing the light beams leaving the polarizer in essentially the same direction are implemented as being coincidental with, and comprising a sectioned metallic mirror whose surface is essentially perpendicular to the axis of the light beams.
2. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer, comprises at least one layer of a cholesteric liquid crystal.
3. The polarizer as claimed in claim 2 characterized in that at least one cholesteric liquid crystal layer is made of a polymeric cholesteric liquid crystal.
4. The polarizer as claimed in claim 2, characterized in that at least one cholesteric liquid crystal layer has, in the thickness, a gradient of the cholesteric spiral pitch and, as the result, has the spectral bandwidth of the light selective reflection of not less than 100 nm.
5. The polarizer as claimed in claim 2, characterized in that the polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams, which means includes at least one birefringent layer, comprises at least three layers of cholesteric liquid crystals having bands of the light selective reflection in three different spectral ranges.

6. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams includes at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes, and upstream of the sectioned metallic mirror disposed is a quarter-wave plate.
7. The polarizer as claimed in claim 6, characterized in that at least one birefringent layer is the anisotropically absorbing one and has at least one refractive index that grows as the polarized light wavelength increases at least in some range of the operation wavelengths.
8. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams is implemented in the form of a system of microlenses that focus the light beams leaving the same into the polarizer.
9. The polarizer as claimed in claim 8, characterized in that the microlenses system is implemented in the form of positive cylindrical microlenses entirely covering the polarizer surface.
10. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams is implemented in the form of a system of microprisms entirely covering the polarizer surface.
11. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of a single film or plate, on whose first surface applied are a system of microlenses and a sectioned metallic mirror optically coincidental with said microlenses system, and on the second surface of a film or plate applied is a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including at least one cholesteric liquid crystal layer.
12. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of a single film or plate, on whose first surface applied is a system of microlenses, a sectioned metallic mirror optically coincidental with said microlenses system, and a quarter-wave plate, and on the second surface of a film or plate applied is a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the

polarized passing and reflected light beams, including at least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.

13. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of a single film or plate, on whose first surface applied is a sectioned metallic mirror, and the second surface of a film or plate sequentially applied are a system of microlenses optically coincidental with sections of the metallic mirror, and a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including and least one cholesteric liquid crystal layer.
14. The polarizer as claimed in claim, characterized in that said polarizer is implemented in the form of a single film or plate on whose first surface applied is a sectioned metallic mirror and quarter-wave plate, and on the second surface of a film or plate sequentially applied are a system of microlenses optically coincidental with sections of the metallic mirror, and a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including and least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.
15. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least two laminated films or plates, on the external surface of a first film or plate applied is a first system of microlenses, and on the internal surface of the first or second film or plate applied is a sectioned metallic mirror, and on the external surface of the second film or plate further applied is the second system of microlenses optically coincidental with sections of metallic mirror and with the first system of microlenses, and a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including and least one cholesteric liquid crystal layer.
16. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least two laminated films or plates, on the external surface of a first film or plate applied is a first system of microlenses, on the internal surface of the first or second film or plate applied are a sectioned metallic mirror and quarter-wave plate, on the external surface of the second film or plate further applied is the second system of microlenses optically coincidental with sections of the metallic mirror and with the first system of microlenses, and a polarizing means for dividing the

non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including and least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.

17. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of two laminated films or plates, on the external surface of a first film or plate applied is a system of microprisms, on the internal surface of the first or second film or plate applied is a sectioned metallic mirror optically coincidental with the microprisms system, and on the external surface of the second film or plate applied is a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including at least one cholesteric liquid crystal layer.
18. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least two laminated films or plates, on the external surface of a first film or plate applied is a system of microprisms, on the internal surface of the first film or plate sequentially applied are a sectioned metallic mirror optically coincidental with the microprisms system and a quarter-wave plate, on the external surface of the second film or plate applied is a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams, including and least one birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.

References taken into account in drafting this application.

1. US patent 5,007,942, cl. G 02 B 5/30, publ. 1991
2. Application PCT WO 95/17961, cl. G 02 B 5/30, publ. 1995
3. Russian Federation patent 2068573, cl. G 02 F 1/13, publ. 1996
4. US patent 5,566,367, cl. G 02 B 5/30, publ. 1996 - prototype
5. US patent 2,524,286, cl. 350-155, publ. 1950

## ABSTRACT

The invention relates to optics, particularly to optical polarizers, that are suitable to be used in liquid crystal displays, including those of the projection type, lighting fixtures, optical instruments.

Proposed is a polarizer including a means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of identical light beams, a polarizing means for dividing the non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams having different polarizations, a means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and a reflecting means that directs the light beams leaving the polarizer in essentially the same direction, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied on the surface thereof, said polarizing means includes at least one birefringent layer whose surface is essentially perpendicular to the axis of the light beams; the means for changing polarization of the light beams reflected from the polarizing means, and the reflecting means that directs the light beams leaving the polarizer in essentially the same direction being implemented as coincidental, and comprising a sectioned metallic mirror whose surface is essentially perpendicular to the axis of light beams, the polarizing means comprising at least one layer of a cholesteric liquid crystal, or a birefringent layer having constant, in the layer thickness, directions of optical axes.

The result of the invention is an improvement of the polarization degree of the light outcoming from the polarizer, whereby an high energy coefficient of conversion of the non-polarized light into the polarized one is maintained; and also is a simplified design of the polarizer.

17 claims, 9 figs.